

**Sind Leistungssteigerungen durch Änderungen  
der Umweltbedingungen am Arbeitsplatz bekannt?**

von  
**Annelie Dunkel**  
aus Magdeburg

1960



Aus dem Institut für Arbeits- und Sozialmedizin  
der Universität Erlangen-Nürnberg  
Direktor: Prof. Dr. H. Valentin

---

SIND LEISTUNGSSTEIGERUNGEN DURCH ÄNDERUNGEN DER  
UMWELTBEDINGUNGEN AM ARBEITSPLATZ BEKANNT?

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Hohen Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von

Annelie Dunkel  
aus Magdeburg

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät  
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. med. E. Wetterer

Referent: Professor Dr. med. H. Valentin

Tag der mündlichen Prüfung: 1. April 1968

## Inhaltsverzeichnis

|                               | Seite |
|-------------------------------|-------|
| A. Einleitung                 | 1     |
| B. Aufgabenstellung           | 3     |
| C. Ergebnisse                 | 4     |
| D. Besprechung der Ergebnisse | 47    |
| E. Zusammenfassung            | 49    |
| F. Literaturverzeichnis       | 50    |



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41546208\\_0065](https://archive.org/details/IA41546208_0065)

## A. Einleitung:

In den letzten 50 Jahren haben sich Industrie und Technik in wachsendem Maße entwickelt. In allen Arbeitsgebieten, z.B. in der Landwirtschaft, der Schwerindustrie, der chemischen Industrie oder in den handwerklichen Berufen traten die gleichen Veränderungen auf: Zunehmende Rationalisierung, Mechanisierung und Automatisierung. Die fortschreitende Technisierung und Spezialisierung im Berufsleben haben die Menschen in vielen Fällen von schwerer körperlicher Arbeit befreit und ihre Produktivität erheblich gesteigert.

Gleichzeitig führten sie aber auch häufig zu "vorzeitigem Aufbrauch" und "Voralterung". Bei dem Begriff Aufbrauch handelt es sich "über die bekannten Berufskrankheiten und Arbeitsunfälle hinaus um belastende, störende, gesundheitsschädigende Einflüsse des Erwerbslebens, welche insbesondere durch die Fortschritte der Fein- und Frühdiagnostik, aber auch mit Hilfe von Funktionsanalysen und Funktionsprüfungen ermittelt werden" (VALENTIN, LEHNERT, WOITOWITZ, 1967). Unter vorzeitigem Aufbrauch verstehen die Autoren "qualitative und/oder quantitative Veränderungen von Bau und/oder Vitalität von Organsystemen, einzelnen Organen, oder Zellverbänden, die fast immer zu einer speziellen Funktionsminderung führen". "Bei der Voralterung läßt das allgemeine biologische Erscheinungsbild ein um mehrere Jahre höheres Lebensalter vermuten, als es normalerweise kalendarisch zu erwarten wäre. Dabei können - brauchen aber nicht - Adaptationsfähigkeit und Leistungsbreite einzelner Organsysteme unterschiedlich bzw. unharmonisch stark eingeschränkt sein" (VALENTIN, LEHNERT, WOITOWITZ, 1967).

Seit etwa 40 Jahren wendet man den Arbeitsbedingungen der Menschen mehr Aufmerksamkeit zu und versucht, sie möglichst zu verbessern. Der technische und medizinische Arbeitsschutz ist wesentlich ausgebaut worden. Die Arbeitsbedingungen hängen neben den verschiedenen Tätigkeiten des Arbeitenden und dem Zustand seines Arbeitsplatzes im wesentlichen von den Umweltfaktoren am Arbeitsplatz ab. Um den

Einfluß der Umweltbedingungen auf den arbeitenden Menschen kennenzulernen, werden zwei Wege beschritten: Das wissenschaftliche Experiment und die empirische Beobachtung am Arbeitsplatz.

## B. Aufgabenstellung

Auf Anregung des Sachverständigenausschusses für Arbeitsmedizin bei der Bundesärztekammer wurde mir die Aufgabe gestellt, an Hand eines ausführlichen Literaturstudiums herauszufinden, ob und in welchem Maße Leistungssteigerungen durch Änderungen der Umweltbedingungen am Arbeitsplatz bekannt sind.

Parallel dazu wurde von EICH (1967) eine Studie zur Wirtschaftlichkeit des werksärztlichen Dienstes am Beispiel der Fordwerke in Köln vorgelegt.

Der wirtschaftliche Nutzen des werksärztlichen Dienstes besteht nach der Meinung des Autors in einer Einsparung von Betriebskosten. "Um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit des werksärztlichen Dienstes der Ford-Werke AG zu ermöglichen, wurden zunächst die vom Arbeitgeber zu tragenden Kosten dieses Dienstes ermittelt. Die Erfassung aller unmittelbar mit dem Dienst zusammenhängenden Kosten ergab einen Betrag von rund 1,53 Mio./Jahr; das entspricht einem Aufwand von rund 50,-- DM je Betriebsmitglied und Jahr und liegt damit in der Höhe des Kostenaufwandes anderer großer werksärztlicher Dienste.

Um eine verlässliche Aussage über die untere Grenze der Kosteneinsparungen machen zu können, wurden zunächst nur die mit Sicherheit, zumindest aber mit hoher Wahrscheinlichkeit zu bestimmenden Einsparungen berücksichtigt. Unter Zugrundelegung der beschriebenen vorsichtigen Bewertungsgrundsätze ergaben sich im Falle der Ford-Werke AG Kosteneinsparungen aus der werksärztlichen Tätigkeit von mindestens 2,82 Mio. pro Jahr. Durch Hinzunahme von nur näherungsweise bestimmbareren Kosteneinsparungen erhöhte sich der Betrag als wahrscheinlicher Wert der Kosteneinsparungen aus werksärztlicher Tätigkeit auf 3,20 Mio. pro Jahr.

Damit kann der untersuchte werksärztliche Dienst als eine äußerst gewinnbringende Einrichtung bezeichnet werden. Das ermittelte Kosten/Ertrag - Verhältnis von 1: 1,84 bzw. 1: 2,09 dürfte jedem nüchtern kalkulierenden Unternehmer Veranlassung geben, über die Einrichtung bzw. den Ausbau werksärztlicher Dienste nachzudenken."

## C. Ergebnisse

Von den allgemeinen Umwelteinflüssen sind vor allem Klima, Lärm, Staub, Beleuchtung und Farben als engere Faktoren zu nennen. Im weiteren Sinne könnte man auch noch auf Ernährung, Arbeitszeit und Körperhaltung eingehen, was jedoch in diesem Rahmen zu weit führen würde.

Vor der Erörterung der Möglichkeit der Leistungssteigerung am Arbeitsplatz soll kurz umrissen werden, was unter "Leistung" zu verstehen ist: Bei der menschlichen Arbeitsleistung müssen wir die körperliche von der geistigen trennen. Beide hängen von der Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft ab, wobei vorwiegend letztere bestimmt wird vom Leistungswillen des einzelnen. Auf die kürzeste Formel gebracht ist "die einem Menschen adäquate Leistung diejenige, die ihm billigerweise zugemutet werden kann, die also im Rahmen seiner Leistungsfähigkeit liegt und nicht mit der Gefahr eines gesundheitlichen Schadens verbunden ist" (LEHMANN, 1961). Als "Gesundheit" bezeichnet die Weltgesundheitsorganisation "ein Maximum körperlichen, psychischen und sozialen Wohlbefindens".

Für die Leistungssteigerung wurden fünf Kriterien angenommen:

- a) niedrigerer Krankenstand,
- b) sinkende Ziffern von Berufskrankheiten und Arbeitsunfällen,
- c) höhere Produktion,
- d) niedrigerer Ausschuß bzw. sinkende Fehlerzahl,
- e) Verringerung des Arbeitsplatzwechsels.

Wie weit sich Leistungssteigerungen diesen Maßstäben entsprechend erreichen ließen, sollen die im folgenden angeführten Untersuchungen zeigen.

## 1. Klima am Arbeitsplatz

Das Klima und dessen Einfluß auf die Arbeitsleistung sind schon vor über 40 Jahren untersucht worden. Unter den Sammelbegriff "Klima" fallen die Faktoren Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung und Strahlungstemperatur. Bei der hohen Lufttemperatur, also Hitze oder Wärme, unterscheidet man die feuchte Wärme, wie sie z.B. in Bergwerken herrscht, von der intensiven Wärmestrahlung beispielsweise in der Eisen- und Glasindustrie.

Zur Klimamessung und Klimabewertung schreibt LEHMANN (1961): "Die Klimamessung und Klimabewertung erfordern sowohl die Ermittlung der physikalischen Zustandsgrößen der Umgebung - wie Lufttemperatur, Luftfeuchte usw. - als auch die Berücksichtigung physiologischer Vorgänge und Größen, wie z. B. die Arbeitsleistung, die Hauttemperatur des Menschen, die Schweißbenetzung der Haut und die Kleidung. Sowohl von klimatologischer als auch von physiologischer Seite ist versucht worden, aus allen Einflußgrößen Klimasummenmaßstäbe zu entwickeln, um in einfacher Weise den komplexen physiologischen Zustand des menschlichen Körpers in dem komplexen physikalischen Zustand seiner Umgebung durch Angabe möglichst nur eines einzigen Zahlenwertes zu charakterisieren. Die Ermittlung eines Klimasummenwertes kann auf zweierlei Art erfolgen:

1. durch Messung der Einzelfaktoren des Klimas und der Zusammenfassung zu einem Summenwert durch Rechnung (z.B. effektive Grenztemperatur nach BIDLOT und LEDENT) oder anhand eines Nomogramms (z.B. Effektivtemperatur nach YAGLOU/ASHVE);
2. durch Messung einer einzigen Meßgröße mit einem Klimasummenmeßgerät, das die einzelnen Faktoren des Klimas zusammenfaßt (z.B. Feucht-kugelthermometer nach LINSEL).

Meßtechnisch erfaßt werden bei diesen Verfahren nur physikalische Größen. Durch eine entsprechende Mischung und Bewertung der Meßgrößen werden sie zur physiologischen Belastung des menschlichen Körpers in Beziehung gesetzt."

Das Klima im Arbeitsraum sollte "behaglich" sein. Darunter versteht MÜLLER (1953) ein Klima, bei dem ein Mensch bei leichter Tätigkeit im Sitzen weder friert noch schwitzt. GRANDJEAN (1957) weist auf die Auswirkungen der Abweichungen vom behaglichen Raumklima hin: Dabei kann es je nach Größe der Abweichung von psychischen (Reizbarkeit, Konzentrationsverlust etc.) über psycho-physiologische (Zunahme von Arbeitsfehlern und Unfällen) bis zu physiologischen Störungen (Leistungsabfall für Schwerarbeit, starke Belastung von Herz und Kreislauf usw.) kommen. Diese Erscheinungen treten auf, weil jede Beanspruchung des Wärmehaushaltes auch zu einer Reduktion der Leistungsfähigkeit sowohl für körperliche als auch für geistige Arbeiten führt. Als "Behaglichkeitstemperaturen" gibt GRANDJEAN (1957) folgende Werte an:

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| Sitzend ausgeführte, leichte Arbeit              | 20° C      |
| Sitzend ausgeführte, leichte Arm- und Handarbeit | 18° C      |
| Stehend ausgeführte, schwere Arbeit              | 17° C      |
| Sehr schwere Arbeit                              | 15 - 16° C |

Entsprechend der größeren eigenen Wärmeproduktion körperlich Arbeitender liegt deren Behaglichkeitstemperatur niedriger, als z.B. die eines sitzend beschäftigten Buchhalters. Die stärkste Beeinträchtigung erfährt der arbeitende Mensch durch Hitze und Kälte. So führen die hohen Temperaturen zu Leistungsminderungen und leichter zu Unfällen, wie später noch gezeigt wird. Auch die Abkühlung bringt Unbehaglichkeiterscheinungen mit sich, die von Unruhe und Bewegungsdrang begleitet sind. Es kommt zu Einbußen der Konzentration und erheblicher Beeinträchtigung der Geschicklichkeit (GRANDJEAN, 1957).

Mit Verbesserung des Klimas am Arbeitsplatz durch technische Mittel versucht man, hier Abhilfe zu schaffen. Da aber Hitze oder Kälte aus vielen Gründen nicht immer direkt auszuschalten sind, ist man bemüht, z.B. durch Verkürzung der Arbeitszeit, richtige Arbeitskleidung, systematische Akklimatisation usw. bessere klimatische Bedingungen herzustellen.

Es fanden sich folgende Beobachtungen:

VERNON beobachtete 1919 jahreszeitliche Schwankungen der Produktion verschiedener Weißblechfabriken. Bei den schlecht gelüfteten Betrieben lief die Produktion parallel mit den durchschnittlichen Monatstemperaturen. Diese temperaturabhängigen Produktionseinbußen waren bei den gut ventilierten Blechfabriken bedeutend geringer, wie auch aus Abbildung 1 ersichtlich ist.

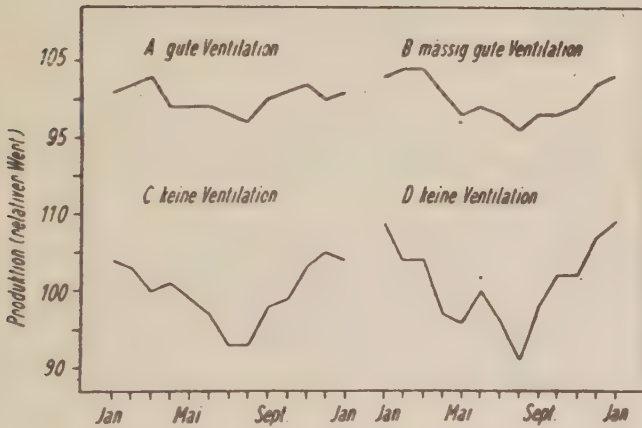


Abb. 1: Die Abhängigkeit der Produktion von der Lüftung in vier Weißblechfabriken (nach VERNON, 1919)

OSBORNE und VERNON (1922) stellten bei Untersuchungen in einer Munitionsfabrik fest, daß die Unfallhäufigkeit bei einer Umgebungstemperatur von  $19,5^{\circ}\text{C}$  am geringsten war. Oberhalb von  $22,3^{\circ}\text{C}$  stieg sie rasch an (Abbildung 2). Dies entspricht nach HÖGGER (1947) den Befunden amerikanischer Autoren, die ein Minimum der Unfallhäufigkeit im Temperaturbereich von  $16 - 21^{\circ}\text{C}$  gefunden haben.

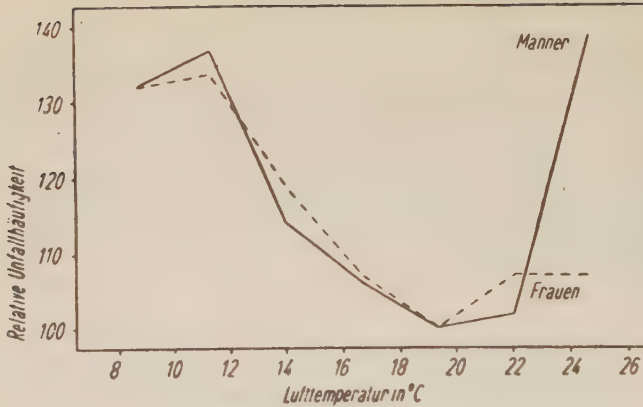


Abb. 2: Wirkung der Raumtemperatur auf die Unfallhäufigkeit in Munitionswerkstätten (nach OSBORNE und VERNON, 1922)

In einer Versuchsreihe an Telegraphisten fand MACKWORTH (1946), daß die durchschnittliche Zahl der Fehler je Stunde mit Erhöhung der Raumtemperatur deutlich zunahm. Bei Überschreitung einer Temperatur von  $33^{\circ}\text{C}$  stieg sie sogar außerordentlich stark an:

Tabelle 1

Raumtemperatur und Fehlleistungen bei Telegraphisten:

|                                             |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Effektive Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 25,8 | 28,0 | 30,4 | 32,9 | 35,8 |
| Durchschnittliche Fehlerzahl / Stunde       | 12,0 | 11,5 | 15,3 | 17,3 | 94,7 |

Ebenso wie Hitze und Feuchtigkeit beeinflusst die Kälte die Leistung, besonders die Geschicklichkeit der Hand. MÜLLER (1953) prüfte die Handgeschicklichkeit mit dem O'Connor Test. Dabei kam es darauf an, 100 Löcher eines Messingbrettes rechtshändig oder linkshändig mit je 3 Stahlstiften möglichst rasch zu füllen. 5 Versuchspersonen wurden je 6 Tage bei Zimmertemperaturen von  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$  und wieder bei  $10^{\circ}\text{C}$  geprüft. An jedem zweiten Tag wurde das

Bewegungsfeld der arbeitenden Hand von einer Infrarotstrahlenquelle (250 Watt) bestrahlt. Vor und nach der Arbeit wurde die Hauttemperatur des Handrückens thermoelektrisch gemessen.

Die Geschicklichkeit lag an den Tagen, an denen die arbeitende Hand bestrahlt wurde, höher. Diese Erhöhung betrug bei einer Zimmertemperatur von  $10^{\circ}\text{C}$  7 %, bei  $20^{\circ}\text{C}$  4,2 % und bei  $30^{\circ}\text{C}$  2,6 %. Die Erhöhung der Geschicklichkeit hing von der gleichzeitigen Erhöhung der Hauttemperatur der Hand durch die Bestrahlung ab. Die Arbeitszeitverkürzung durch Infrarotbestrahlung verringerte sich umso mehr, je höher die Zimmertemperatur war (Abbildung 3).

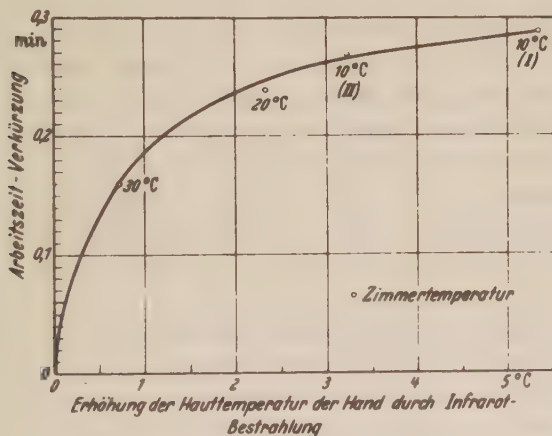


Abb. 3: Verkürzung der Arbeitszeit durch Erhöhung der Hauttemperatur der Hand (nach MÜLLER, 1953)

Die praktische Bedeutung dieser Ergebnisse liegt nach MÜLLER darin, daß in schwer zu beheizenden Räumen, z.B. Fabrik- und Montagehallen, durch Infrarotbestrahlung der Hände eine Verbesserung der Arbeitsleistung ermöglicht werden kann.

WENZEL (1962) beschrieb ein der vorangehenden Untersuchung ähnliches Experiment von GAYDOS und DUSEK. Diese ließen bei Laboratoriumsversuchen Probanden kleine perforierte Holzblöckchen auffädeln und Knoten binden, während sich

ihre Finger in einer Luft von minus  $15^{\circ}$  C abkühlten. Unter den Bedingungen dieses Versuchs fiel die relative Leistung mit sinkender Fingertemperatur maximal um ein Drittel ab.

RICHTER (1962) zeigte am Beispiel eines Ofenmaurers, der während Großreparaturen an Siemens - Martin - Schmelzöfen intensiver Hitze ausgesetzt war, wie man den hemmenden Einfluß der Hitze auf die Leistung auch durch die Wahl der richtigen Arbeitskleidung vermindern kann (Einzelheiten siehe Originalarbeit). Während eines Tests stand der Arbeiter in Schutzkleidung aus Aluminiumfolie einer körperlangen, - breiten Ofenöffnung frontal gegenüber. Der Siemens - Martin - Ofen war in Betrieb. Der Mann, der eine sogenannte kurzreparatur (Heißreparatur) auszuführen hatte, arbeitete mit einem Preßlufthammer und brach Wandmaterial ab. Unter dem Aluminiumfolienüberwurf gab er an, keine Wärmestrahlung zu empfinden. Er arbeitete 6 Minuten lang 50 cm vor dem hellrot glühenden Mauerwerk. Ohne diesen Aluminiumfolienumhang, lediglich mit einem zweiteiligen Baumwoll - Planell - Arbeitsanzug bekleidet, sprang er nach 52,5 sec Arbeitszeit wegen auftretender Schmerzen zur Seite. Die Oberflächentemperaturen der strahlenden Wände lagen zwischen  $1000$  bis  $1300^{\circ}$  C. Der Versuch zeigte eine indirekte Leistungssteigerung durch Tragen eines Aluminiumfolienumhangs, da dadurch die Schmerzgrenze später erreicht wurde, und somit die Arbeit nicht so oft unterbrochen werden mußte.

WALLA (1966) untersuchte die Klimabedingungen in einer Kokillengießerei. Die Kokillengießer sind während der ganzen Arbeitszeit der Strahlungshitze ausgesetzt, da sie unmittelbar am Ofen stehen. Diese Arbeitsweise stellt besonders im Sommer hohe Anforderungen an die Arbeiter, da z.B. im September bei einer Außentemperatur von  $23^{\circ}$  C am Arbeitsplatz  $40 - 46^{\circ}$  C herrschen. Durch längere Einwirkung der Strahlungshitze wird das Hitzegefühl bei den Arbeitern stärker, ebenso ist die beim Eintauchen der Kokille in Wasser entstehende Dunstwolke sehr unangenehm. Da die heißen Gußstücke in 3 bis 4 m Entfernung vom Arbeitsplatz gelagert werden, wird mit zunehmender Menge die Raumtemperatur größer.

Auf Grund dieser Tatsachen versuchten die Arbeiter des von WALLA untersuchten Betriebes, möglichst schnell ihr Arbeitspensum zu erledigen, um damit die neunstündige Schichtzeit um eine bis zwei Stunden zu verkürzen. Die Folgen waren vorzeitige Verschleißerscheinungen und verstärkter Arbeitsplatzwechsel. Der Autor weist nun auf eine Untersuchung des Max - Planck - Institutes hin: Man wies dort nach, daß sich der Körper am raschesten erhole, wenn man oft kurze Pausen einschalte. Diese Erkenntnisse drängten in der Gießerei zu einer Änderung der Arbeitsweise. Man ließ nun in 3 Gruppen zu je 2 Mann arbeiten. "Die erste Gruppe begann um 6 Uhr früh, die zweite um 6,30 Uhr und die dritte um 7 Uhr und löste die erste Gruppe ab, die bereits eine Stunde gearbeitet hatte. Diese erste Gruppe hatte nun eine Pause von 30 Minuten. Nach dieser Pause wurde nun die zweite Gruppe abgelöst. Beendet wurde die Arbeit in derselben Reihenfolge, wie begonnen wurde. Jede Gruppe hatte nach einer Stunde Arbeitszeit eine Pause von 30 Minuten. Innerhalb der neunstündigen Arbeitszeit wurde sechs Stunden gearbeitet, und drei Stunden waren bezahlte Pausen. Die neue Zeitaufnahme ergab eine Leistungssteigerung von 17 %."

In einer Untersuchung zur Bedeutung der Klimatisierung für Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit gibt STUDER (1960) vier Beispiele an:

In Amerika wurde durch einen aus 75 Betrieben ermittelten Durchschnitt festgestellt, daß sich als Folge aller warmen Tage wegen des Fehlens der Luftkonditionierung je Mann und Jahr ein Verlust von 108 Dollar ergab.

Zwei andere Firmen konnten nach erfolgtem Einbau einer Klimaanlage einen Produktionsgewinn von 7 bzw. 16 % feststellen.

In Deutschland ließen Berechnungen und Statistiken erkennen, daß sich die Leistung nach dem Einbau von Klimaanlage um 6 bis 10 % erhöhte.

In der Schweiz ergaben Untersuchungen in einer Großbank eine Leistungssteigerung von rund 10 %. Sie war einerseits durch die geringere Abwesenheit der Mitarbeiter infolge Krankheit und andererseits "durch Hochhalten der Leistungskurve im Tagesablauf" bedingt.

## 2. Lärm am Arbeitsplatz

Schon seit mehr als 30 Jahren bemüht man sich, den Lärm an den Arbeitsplätzen möglichst einzudämmen. Die allgemeine Technisierung und Industrialisierung haben zu einer erheblichen Zunahme des Lärms in den Wohnungen, auf der Straße und an vielen Arbeitsstellen geführt.

Was versteht man unter "Lärm"? JANSEN (1963) betont, daß es keine erschöpfende Definition des Begriffes Lärm gäbe. Geräusche, Töne, Klänge könnten Lärmcharakter annehmen, wenn sie störend, belästigend, unangenehm empfunden würden. Auch spielten die physische und psychische Verfassung des betreffenden Menschen, sowie seine innere Einstellung zu der Schallquelle eine wesentliche Rolle dafür, ob ein Geräusch als Lärm wahrgenommen würde.

Nach SCHOLZ (1967) versteht man unter "Schall" Wahrnehmungen, die durch wellenförmig sich ausbreitende Druckschwankungen im Luftraum entstehen. Die Wahrnehmung des Schalls setzt zweierlei voraus: Eine bestimmte Schallstärke (bestimmt durch den Schalldruck, gemessen in Dezibel (dB)) und einen bestimmten Bereich der Schallhöhe (bestimmt durch die Zahl der Schwingungen des Schalldrucks, gemessen in Hertz (Hz)). Je stärker der Schalldruck, desto lauter ist der Lärm. Dessen Lautstärke wird in Phon gemessen. Die Hörempfindung reicht von 0 Phon (Hörschwelle) bis zu 120 Phon (Schmerzempfindung). Für die Praxis ist wichtig, daß eine Erhöhung der Lautstärke um 10 Phon einer Verdoppelung der vom Menschen empfundenen Lautstärke entspricht.

Der Lärm hat verschiedene Auswirkungen, die von seiner Stärke, den Frequenzen und der Einwirkungsdauer abhängen. So tritt z.B. ein Hörverlust zuerst bei hohen Schallfrequenzen ein. Nach kurzer Lärmeinwirkung kann sich ein Gehör wieder erholen, während nach jahrelangem Verbleiben in starkem Lärm die Höreinbuße unheilbar wird. JANSEN

(1963) unterscheidet nach LEHMANN folgende Lärmwirkungen:

- a) psychische Wirkungen (Lärmbereich I, ab 30 Phon),
- b) nervöse Wirkungen (Lärmbereich II, ab 65 Phon),
- c) gehörschädigende Wirkungen (Lärmbereich III, ab 90 Phon),
- d) mechanische Wirkungen (Lärmbereich IV, ab 120 Phon).

Durch den Lärm kommt es aber nicht nur zum Hörschaden, der bis zur Taubheit führen kann und Frühinvalidität oder Berufswechsel mit sich bringt. Auch die Unfallgefahr wird durch die schlechte Verständigung der Arbeiter untereinander größer, und die Leistung wird durch lange andauernden Lärm verringert. Das zeigt, wie wichtig die Lärmabwehr ist, besonders in ausgesprochenen Lärmbetrieben, wie z.B. Kesselschmieden und Webereien, aber auch in Büroräumen.

JANSEN (1964) zeigt verschiedene Wege der Lärmbekämpfung auf:

1. Lärmbekämpfung durch konstruktive Maßnahmen an der Lärmquelle;
2. Schalldämmung bei Weiterleitung und Ausbreitung des Schalls;
3. Schalldämpfung (Umwandlung von Schallenergie in andere Energieformen);
4. Raumauskleidung zur Vermeidung von Schallverstärkung;
5. Persönlicher Schutz durch Gehörschützer (Stöpsel, Kapseln, Propfen, Kappen);
6. Einführung lärmarmer Arbeitsverfahren;
7. Organisatorische Maßnahmen (kurzzeitiger oder endgültiger Arbeitsplatzwechsel);
8. Schalldämmung durch Kapselung.

Zur Frage der Lärmbekämpfung muß noch darauf hingewiesen werden, daß bisher eine Gewöhnung an den Lärm noch nicht nachgewiesen werden konnte (von HALLE - TISCHENDORF, 1966).

Folgende in der Literatur niedergelegte Beobachtungen zeigen, wie es durch Lärmverminderung zur Leistungssteigerung kommen kann.

WESTON und ADAMS (1935) beobachteten 1932 und 1933 in einer englischen Textilfabrik für mehr als ein Jahr die Produktionsleistung von Webern unter verschiedenen Hörschutzbedingungen. Zunächst wurde den Versuchspersonen in jeder zweiten Woche ein Ohrenschutzmittel gegeben, das den Lärm von 96 auf durchschnittlich 85 - 80 dB reduzierte. In einer zweiten Versuchsserie verglich man zwei Gruppen von Webern, von denen die eine während eines Jahres mit und die andere ohne Ohrenschutz einem durchschnittlichen Lärm von 96 dB ausgesetzt waren. Beide Versuche ergaben grundsätzlich gleich günstige Resultate: Die Weber mit Lärmschutz wiesen eine durchschnittliche Erhöhung der Produktionsleistung von 12 % auf. Die Leistung der Weber mit Hörschutzgeräten fiel am Nachmittag weniger ab als die der Kontrollgruppe ohne Gehörschützer. (Abbildung 4)

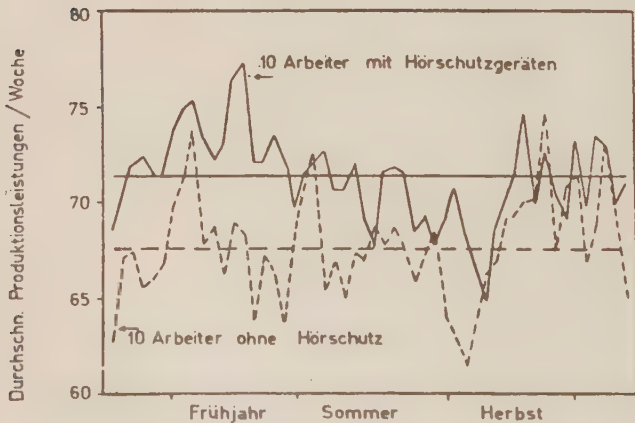


Abb. 4: Wirkung einer Lärmreduktion von 10 bis 15 dB auf die Produktionsleistungen von Webern. Die beiden Kurven geben den Jahresverlauf der durchschnittlichen wöchentlichen Produktionsleistungen von je 10 Arbeitern wieder. Die beiden horizontalen Linien entsprechen den Jahresdurchschnitten der Produktionsleistungen (nach WESTON und ADAMS, 1935).

Zum Problem der Leistungssteigerung durch Lärmreduktion führte LAIRD (1933) einen Test durch, ohne dabei aber genaue Zahlenwerte anzugeben. Er stellte seinen Versuchspersonen eine Geschicklichkeitsaufgabe, bei der fortlaufend ein Stab in Löcher einer drehenden Scheibe eingeschoben werden mußte. Die Probanden wurden einem Audiometergeräusch verschiedener Intensitäten (40 - 90 dB) ausgesetzt. Die Versuche dauerten jeweils 4 1/2 Stunden und wurden über einen Zeitraum von 4 Monaten durchgeführt. Die Arbeitsbedingungen entsprachen ungefähr denjenigen in der Uhren- oder Elektroindustrie. Sie ergaben, daß die Geschicklichkeitsleistungen mit zunehmender Lärmintensität abnahmen. Die Beeinträchtigung begann im Bereich zwischen 50 und 60 dB und war zu Beginn der Versuche ausgeprägter als am Ende der 4 1/2 Stunden. LAIRD glaubte, darin eine gewisse Gewöhnung an den Lärm sehen zu können.

KARRACON (1952) versuchte mit dem Premometertest, die Einwirkung des Lärms auf arbeitende Menschen zu prüfen. Der Test bestand darin, Versuchspersonen mit einem Metallgriffel in einem bestimmten Zeitrhythmus durch einen Schlitz in einem Blechstück fahren zu lassen. Jedes Berühren der Schlitzränder wurde registriert und galt als Fehler.

Wie aus der Abbildung 5 ersichtlich, ließ der Lärm die Fehlerzahl erheblich anwachsen. Bei Ausdehnung dieses Versuches über Wochen nahm die Fehlerzahl während Ruhe infolge Übung immer mehr ab. An den Lärmtagen wurde sie trotz dieser Übung ständig größer. Die Abbildung zeigt, daß die Fehlerzahl bei Lärm während des Tragens eines individuellen Hörschutzes zunächst zunahm. Nach einigen Tagen näherte sie sich jedoch zunehmend den Werten der Ruhekurve an.

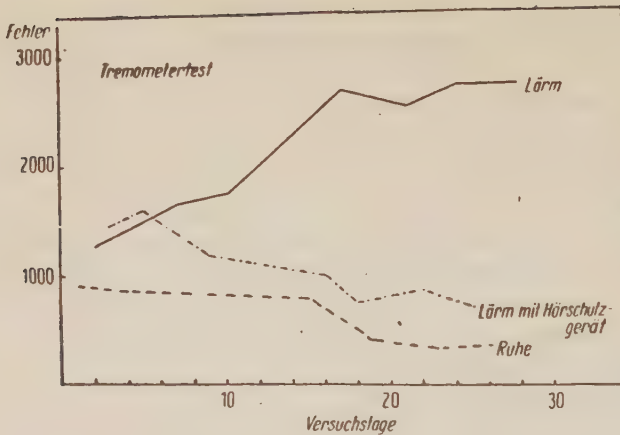


Abb. 5: Fehlerzahl im Tremometer test unter Lärmeinwirkung (nach KARRASCH, 1952)

BRUCKMAYER (1953) wies darauf hin, daß man mit schallschluckenden Materialien wie Heraklithplatten und Glaswolle den Lärm in der Halle des Wiener Westbahnhofes um 80 % gesenkt habe. Weiterhin betonte er, daß sich die Lärmbekämpfung nicht nur gesundheitsfördernd sondern auch produktionsfördernd auswirkte. Als Beispiel führte er einen amerikanischen Großbetrieb an, bei dem nach Lärmverminderung um ein Drittel der Krankenstand um 12 % verringert und die Produktion um 5 % gehoben werden konnte.

Beim Gleislager und der Brückenmeisterei Nürnberg finden folgende Arbeiten unter starker Lärmbelastung statt: Elektroschweißarbeiten mit Entfernung der Rückstände durch Preßluftwerkzeuge, Schleifarbeiten der Diskusmaschine und Antrostungsarbeiten an Brückenträgern. Alle Arbeiten werden in geschlossenen Hallen verrichtet, so daß der störende Lärm für alle dort Arbeitenden gleich ungünstig ist. Lärmmessungen ergaben im Schweißwerk noch 30 m vom Schweißofen entfernt 115 - 120 Phon. Entsprechend alarmierend waren auch die gemessenen Audiogramme. Zunächst wurden für das Schweißwerk Hörschutzgeräte "Selektone" angeschafft, später auch für die Brückenmeisterei. Die anfänglichen Klagen über "Selektone" konnten durch Belehrung und Aufklärung bzw. Nachmassen behoben werden. Kontrolluntersuchungen durch

den Bahnhörsenarzt (zur gleichen Tageszeit und mit gleichem Audiometer) ergaben nach halb- bis einjährigem Tragen von "Selektone" keine weitere Hörschädigung mehr, sondern sogar eine leichte Hebung des Hörvermögens um durchschnittlich 10 - 15 dB. Dadurch erübrigte sich der sonst notwendige Arbeitsplatzwechsel, und die Kosten für die Neueinstellungen und Anlernen wurden weitgehend gespart. Ein vorher durchgeführter Versuch mit dem Vitaminpräparat "Rovigon" erwies sich als erfolglos. (HESS, 1956)

SCHRÖDER (1957) wies in einer Tabelle auf die bekanntesten angloamerikanischen Feststellungen von Leistungssteigerungen nach Lärmverminderung hin.

Tabelle 2. (Auszug) x)

Übersicht über das Verhalten nach technischer Lärmverringern

x) + = Anstieg; - = Verringerung

|                                                      | Englisches Finanzministerium | Aetna Life Insurance | 500 amerik. Firmen | Maschinenfabrik |
|------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------|
| Tippfehler                                           |                              | - 29 %               |                    |                 |
| Rechenmaschinenfehler                                |                              | - 52 %               |                    |                 |
| Fehlberechnungen in der Kalkulationsabteilung        |                              | - 50 %               |                    |                 |
| Ausschußware                                         |                              |                      |                    | - 33 %          |
| Tagesleistung an der Schreibmaschine                 | + 12 %                       |                      |                    |                 |
| Tagesleistung an der Rechenmaschine                  | + 37 %                       |                      |                    |                 |
| Gesamtumsatz                                         |                              | + 8 %                | + 34 %             | + 5,2 %         |
| Krankheitsausfall                                    |                              | - 37 %               | - 8 %              | - 12 %          |
| Personalwechsel                                      |                              | - 47 %               |                    |                 |
| Leistungsfähigkeit leitender Angestellter            |                              |                      | + 30 %             |                 |
| Leistungsfähigkeit Angestellter mit Routinetätigkeit |                              |                      | + 5 %              |                 |

SYMANSKI (1959) schildert Untersuchungen an 1000 Arbeitern eines Stahlwerkes über die vegetative Dauerbelastung durch Lärm. Der Versuch wurde angelegt, um die experimentell gewonnenen Feststellungen über vegetative Dauerbelastungen auf ihre Objektivierbarkeit auch im Arbeitsmilieu nachzuprüfen.

Unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen und Beeinflussungsmöglichkeiten der Untersuchungsergebnisse durch andere Faktoren beobachtete SYMANSKI die Arbeiter zwei Jahre lang. Von diesen waren 600 durch Schalleinwirkungen der Belastungsstufe 3 und 4 ( = 90 - 120 bzw. über 120 Phon) stark lärmbelastet. Diese wurden einer zweiten Gruppe von knapp 400 Arbeitern, die unter der Einwirkung der Lärmstufe 1 und 2 standen ( = 30 - 65 bzw. 65 - 90 Phon), vergleichsweise gegenübergestellt. Die Einteilung wurde deshalb getroffen, weil es in Stahlwerken keine völlig lärmfreien Betriebsabteilungen gibt, aber die gesamten Untersuchten ein möglichst gleiches Kollektiv sein sollten. SYMANSKI stellte einen deutlichen Unterschied in Bezug auf die Häufigkeit von Gefäßstörungen der Haut fest. Es ließ sich zeigen, daß die Störungen nicht durch Vibration ausgelöst wurden, wie es z.B. bei Gußputzern sein könnte, sondern allein durch die Hörbelastung. In der Gruppe der Lärmstufe 3 und 4 zeigten sich in 27,5 % der Fälle "Blässe und in 34,2 % Gespanntheit der Haut". Bei den Personen der Lärmstufe 1 und 2 traten die entsprechenden Veränderungen in 16,1 % bzw. 23,2 % auf. Auch in Bezug auf Herzbefunde in Form von Rhythmusstörungen, Tachykardien etc. bestand ein "hochsignifikanter" Unterschied von 24,1 % zu 15,8 %. Der Unterschied lag im Durchschnitt bei 9 - 10 %.

RUDOLF (1961) berichtet über eine große amerikanische Versicherungsgesellschaft, die bei ihren Angestellten die Leistung, die Zahl der Fehler und den Arbeitsplatzwechsel während eines Jahres gemessen hat. Nach Senkung des Lärmpegels um 14,5 % durch schallschluckende Wände hatte die durchschnittliche Leistung der Angestellten um 8,5 % zugenommen, die Zahl der Schreibfehler an den Schreibmaschinen wäre um 29 %, die der Fehler an Werkzeugmaschinen um 52 % gesunken.

Die Fehlschichten hätten sich um 37,5 % verringert, und die Fluktuation wäre um 47 % abgefallen.

GRANDJEAN (1963) erwähnt DIRICK, der 18 Beobachtungen, die von verschiedenen Autoren in einigen Betrieben durchgeführt worden waren, zusammengestellt hatte. Aus dieser Übersicht ergab sich, daß in 15 von 18 untersuchten Betrieben Lärmreduktion zu quantitativer oder qualitativer Produktionssteigerung führte, während sich dreimal das Gegenteil, eine Produktionsabnahme einstellte. Außerdem wurden nach Lärmverminderung in 7 Fällen eine Abnahme, in 1 Fall eine Zunahme der Fehler und in 6 Betrieben eine Abnahme der subjektiven Ermüdungserscheinungen festgestellt. GRANDJEAN meint: "Die einzelnen Ergebnisse dieser Untersuchung sind nicht als wissenschaftlich gesichert zu bezeichnen. Trotz dieser Einschränkung läßt aber die Gesamtbetrachtung der Betriebsuntersuchungen erkennen, daß Lärmreduktionen mit einer Tendenz zu Leistungsverbesserung und Abnahme von Fehlleistung verbunden sind".

"Erfreuliche Bemühungen" in der Bekämpfung des Bürolärms konnte TRENSE (1965) feststellen. In einem großen Saal war der Lärm innerhalb eines Jahres um 40 % durch konstruktive Änderungen an den Hollerithmaschinen und durch raumschalldämpfende Maßnahmen gesenkt worden. Genaue Zahlenangaben über eine Leistungssteigerung gibt der Autor nicht an, doch schreibt er, "daß das Personal die Lärminderung deutlich empfunden hätte". Der Krankenstand, der vor den Maßnahmen gegenüber weniger belärmten Abteilungen auffallend hoch gelegen hätte, habe sich normalisiert bzw. sei sogar niedriger geworden als bei den ruhigeren Vergleichsabteilungen.

## 5. Staub am Arbeitsplatz

"Die Verunreinigung der Luft durch Staub ist eine der Schattenseiten, die wir durch die zunehmende Industrialisierung und Technisierung mehr oder weniger in Kauf nehmen müssen. In den Straßen unserer Städte, vor allem aber an den Arbeitsplätzen der sogenannten Staubberufe sind wir gezwungen, den entstandenen Staub einzusatmen, wodurch die Staubteilchen mit unserem Bronchialsystem und mit dem Lungengewebe in Berührung kommen." (ULMER, 1963)

Nach SCHWARZ (1963) wird Staub, ganz gleich, welcher Art und Zusammensetzung, als Belästigung empfunden und kann mit der Zeit zu Reizungen der Luftwege führen. Der Mensch ist in der Lage, fast die Hälfte der Staubmenge durch die Nase zu filtrieren. Außerdem werden je nach der Größe der Staubpartikel 30 bis 40 % durch die Flimmer- und Staubzellen im Atembereich entfernt. Der restliche Teil kann durch das Lungengewebe resorbiert und - je nach Zusammensetzung - zu einer gesteigerten Bindegewebssproliferation, also zu einer Lungenfibrose, Pneumokoniose und Silikose führen.

Zum Zwecke der Staubmessung werden im Bergbau nur Staubmenge und Staubzusammensetzung bestimmt. Die Staubmenge, das heißt die Staubkonzentration, wird in den Betrieben durch das Tyndalloskop bzw. das Tyndallometer gemessen. In diesen Geräten wird der Staubgehalt durch die Intensität des Streulichtes ermittelt. Die Maßeinheit wird in mg/m<sup>3</sup> angegeben. Die Zusammensetzung des Staubes wird mit dem Bergbaukonimeter festgestellt, Dieses besitzt gegenüber sonstigen Konimetern eine Sedimentationsglocke und gibt die Teilchenzahl pro Kubikmeter an.

Wegen der genannten Auswirkungen des Staubes auf das Atmungssystem des Menschen ist die Staubbekämpfung wichtig. REUSCH (1961) referierte auf einer Studentagung über "Die praktische Bekämpfung der Pneumokoniose im Bergbau": "Zur Erkennung der Staubzustände wurde ein betriebliches Staubmeßverfahren geschaffen. Hiermit ist es möglich, sämtliche Betriebspunkte in eine der Staubbelastungsstufen I - IV einzuordnen. In der Stufe I liegt eine geringe und in der Stufe IV eine sehr hohe Verstaubung vor. Auch die ärztliche Überwachung erfolgt in regelmäßigen

Abständen. Die Arbeitseinsatzlenkung und Kontrolle der Nachuntersuchungstermine erfolgt durch regelmäßige Eintragungen in die Karteikarte "Tätigkeitsnachweis und Staubbelastung". Im Rahmen der technischen Staubbekämpfung haben sich die beim Gesteinsstreckenvortrieb angewandten Verfahren - Naßbohren, Abspritzen der Stöße usw. - gut bewährt.

Bei der Kohlengewinnung und beim Bergeversatz sind die Verhältnisse erheblich schwieriger, da die Staubquellen zahlreicher und schlechter zu beherrschen sind". Im weiteren führt REUSCH Verfahren an wie Kohlenstoßstränkung mit statischem Druck, Anwendung von Naßabbaukammern, Einsatz von Fächerdüsen usw.

Untersuchungen über die Abhängigkeit der Arbeitsleistung von der am Arbeitsplatz durch das Material oder die Umgebung entstehenden Staubmenge fanden sich kaum. Es wurden u.a. Arbeiten von KLELOH, JÜTTEN, ANTWILDER, WALKENHORST und anderen geprüft. Die Autoren befaßten sich im wesentlichen mit der Morphologie und der Biologie und Biochemie der Silikose, der Beeinträchtigung der Lungenfunktion durch Staubbelastung und deren Messung, pharmakodynamisch - experimentellen Untersuchungen zur Beeinflussung der Silikose sowie technischen Fragen der Staub- und Silikosebekämpfung im Bergbau. Auch die Durchsicht der CIS - Kartei brachte keine Aufschlüsse. Ich konnte nur ein konkretes Beispiel für die leistungssteigernde Wirkung der Staubbekämpfung am Arbeitsplatz finden.

In der Zargelschleiferei eines stahlverarbeitenden österreichischen Großbetriebes wurde nach mehreren Versuchen der Entstaubung mit Naßentstaubern oder Trockenentstaubern verschiedener Trichtergröße als neuartiges Verfahren die Entstaubung mit der sogenannten "Ruthner - Kammer" eingeführt (Prinzip der Anlage siehe Originalarbeit). Der Entstaubungseffekt lag um das zwei bis dreifache höher als bei den bisherigen Verfahren. Außerdem wurden die für die in der Halle arbeitende Belegschaft in halbjährlichen Intervallen stattfindenden Röntgenreihenuntersuchungen überflüssig. Als Begleiterscheinung für das Werk konnte eine gleichzeitige Leistungssteigerung beobachtet werden, die durch die nunmehr höheren Standzeiten erzielt wurde. Diese wiederum ergaben sich durch den Wegfall der Atemmasken und den damit verbundenen Ermüdungserscheinungen des Personals. Auch die Ausschußziffern wurden durch die bessere Sicht gesenkt. (WACLAWICZEK, 1961)

Daneben sind zwei Überblicke, die ZORN (1961) und KOLLMEIER (1967) gaben, von Bedeutung: ZORN brachte auf einer Studientagung Zahlenübersichten über Ausdehnung und Bedeutung der Pneumokoniosen in den verschiedenen Bergbaugebieten der Montanunion. Das Durchschnittsarbeitsalter bis zum Eintritt der Entschädigung Silikosekranker erhöhe sich laufend und habe früher 26 bis 30, jetzt 31 bis 35 Arbeits-

jahre betragen. Die Zahlen für Frankreich betragen 30, für Holland 27, für Luxemburg im Erzbergbau 23 Jahre. Gleiche Entwicklungen zeigten sich für das Lebensalter der erstmals entschädigten Fälle: Frankreich 49, Holland 48, Luxemburg 51, Bundesrepublik Deutschland ansteigend von 51 bis 55 auf 56 bis 60 Jahre.

Das Durchschnittssterbealter betrüge in Frankreich 56, in Holland 62, in Belgien 55 bis 60 Jahre; in Deutschland steige es von 60 auf 65 Jahre. Maßgebend für diese im ganzen gesehen günstige Entwicklung seien die zunehmend bessere Staubbekämpfung und die bessere Diagnostik.

KOLLMEIER (1967) berichtete auf der "Gemeinsamen wissenschaftlichen Tagung" der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft E.V." in Erlangen im April 1967 über "Sterbealter und Lebenserwartung bei Siliko-Tuberkulose". Dabei teilte er mit, daß die Siliko-Tuberkulosemortalität abnimmt, ohne daß bisher bekannt ist, wie weit dies auf eine verschiedentlich beobachtete abnehmende Tuberkulosefrequenz bei Silikose oder auf eine Abnahme der Siliko-Tuberkulose - Letalität zurückgeht. Das durchschnittliche Sterbealter der Siliko - Tuberkulose - Toten steigt stetig an, und zwar etwa in gleicher Weise wie dasjenige der Silikose - Toten. Der Abstand zur Lebenserwartung der übrigen Bevölkerung wird immer geringer. Vergleicht man z. B. die Lebenserwartung der 50jährigen Männer mit dem durchschnittlichen Sterbealter der Siliko - Tuberkulose - Toten, so bestand um 1950 eine Differenz von etwa 15, um 1960 von etwa 10 Jahren.

#### 4. Beleuchtung am Arbeitsplatz

Das Sehvermögen des Menschen am Arbeitsplatz wird von der Beleuchtungsstärke, den Leuchtdichtekontrasten im Gesichtsfeld und von Farb- oder Leuchtdichtekontrasten zwischen Arbeitsobjekt und unmittelbarer Umgebung wesentlich beeinflusst (GRANDJEAN, 1959). Um die Auswirkungen dieser Zusammenhänge bei Betrachtung der Arbeitsbedingungen in der Praxis klarzustellen, wurden seit 1930 zahlreiche Experimente sowohl im Labor als auch in Betrieben durchgeführt. Grundsätzlich arbeitete man meist mit Hebung oder nötigenfalls Senkung der Beleuchtungsstärke. Die Beleuchtungsstärke, gekennzeichnet mit dem Buchstaben E wird in Lux (lx) gemessen. Nach SCHOBER (1963) wird sie definiert als der Quotient aus dem auf eine Fläche auftreffenden Lichtstrom in Lumen (lm) und der Größe der Fläche in m<sup>2</sup>, also:

$$E \text{ (lx)} = \frac{\Phi}{F} \left( \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right)$$

Bei diesen Versuchen stieß man auf einige wesentliche Zusammenhänge, z.B. die engen Beziehungen zwischen Beleuchtung und Farbe des Arbeitsplatzes bzw. seiner Umgebung. Daneben wurde deutlich, daß man die durch die verstärkte Beleuchtung vielfach hervorgerufene Blendung vermindern mußte.

"Blendung" tritt dann auf, wenn zwischen der Leuchtdichte im Gesichtsfeld und derjenigen im Blickfeld störende Unterschiede vorhanden sind. Nach SCHOBER (1963) soll das Verhältnis der kleinsten Beleuchtungsstärke  $E_{\min}$  zu der mittleren Beleuchtungsstärke  $E_m$  in Lux auf keinen Fall den Wert 1 : 2,5 unterschreiten.

Wo man die Beleuchtung verbessern konnte, stellten sich Leistungssteigerungen ein in Form von: besserem Erkennen der produzierten Gegenstände und geringerer Ermüdung des Sehapparates wie auch des Arbeitenden im ganzen. Wie weit man die Belastungsintensität für die Augen herabsetzen kann, hängt selbstverständlich neben den Beleuchtungs- und Kontrastbedingungen von der Feinheit der Arbeit ab.

Dazu schreibt SCHOLZ (1960): "Je gröber eine zu verrichtende Arbeit ist, umso weniger stark braucht sie beleuchtet zu sein; je feiner die Arbeitsaufgabe ist, und je höhere Anforderungen sie an die Leistungsfähigkeit des Seh-

organs stellt, umso stärker muß sie beleuchtet sein." Er teilt die Arbeit folgendermaßen nach Feinheitstufen ein:

"Grobe Arbeit: etwa die Kontrolle automatischer Maschinen oder einfache Zimmermannsarbeit;

mittelfeine Arbeit: Lesen, Schreiben, Weben von hellen Textilstoffen, Polieren, normale Montagearbeit;

feine Arbeit: Feinmontage in der Modellmacherei und Setzerei, das Bearbeiten von Textilstoffen, Zeichnen;

sehr feine Arbeit: Uhrmacherarbeit, Knoten und Stopfen von dunklen Geweben, Sticken, Gravieren, Durchpausen von Bleistiftzeichnungen".

Neben den bis jetzt beschriebenen Faktoren ist auch die Leistungsfähigkeit der Beleuchtungsquelle von Bedeutung. Die STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT (1964) erläuterte, wovon die Güte einer Beleuchtungsanlage abhängt. Sie "wird bestimmt durch

die mittlere Beleuchtungsstärke in der Nutzebene,  
die örtliche und die zeitliche Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsverteilung,  
die Lichteinfallrichtung und die Schattenwirkung,  
den Grad an Blendungsfreiheit und  
die Lichtfarbe."

Folgende Beobachtungen sind mitgeteilt worden

GOLDSTERN und PUTNOKY (1931) untersuchten in den Jahren von 1929 - 1931 in Webereien den Einfluß der Beleuchtung auf die Arbeitsleistung. Die Testaufgabe bestand aus normaler Arbeit an Webstühlen, und zwar an zwei Webstühlen mit hellem und an zwei anderen mit dunklem Fadenmaterial. Die alte Beleuchtung bestand aus 156 lx an der vorderen und 155 lx an der hinteren Webstuhlfläche. Sie wurde ersetzt durch eine nackte Glühlampe mit halbtiefem Reflektor vorn und hinten mit vier Beleuchtungsstufen von 150 bis 2080 lx. Der Versuch dauerte 10 Stunden (je drei Stunden und zwanzig Minuten an drei Abenden am Ende der Spätschicht, von 18,40 bis 22,00 Uhr), und zwar begann man an je einem Webstuhl mit hellem und dunklem Fadenmaterial bei Beleuchtungsstufe 1. An den beiden anderen wurde bei der höchsten Belastungsstufe begonnen. Die Leistungssteigerung der Weber betrug bei Beleuchtungsstärken über 2000 lx bei hellem Fadenmaterial 50 %, bei dunklem 61 %. Als Nebenfund ergaben sich verkürzte Stillstandzeiten, da Fadenfehler schneller erkannt und beseitigt werden konnten. (Abbildung 6)

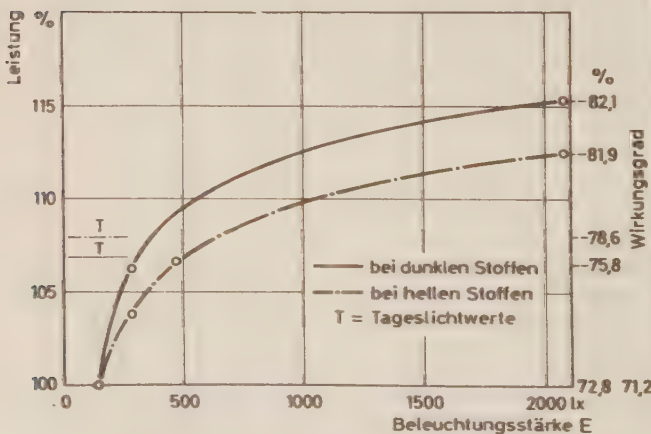


Abb. 6: Steigerung des Webstuhlwirkungsgrades durch erhöhte Beleuchtung (nach GOLDSTERN und PUTNOKY, 1931)

Nicht nur durch Erhöhung der Beleuchtungsstärke kann es zu Leistungssteigerungen kommen, sondern auch durch Verkleinerung bzw. Vergrößerung der Kontraste und durch Vermeidung der Blendung. KOLBENSTVEDT (1931) stellte in einer Papierfabrik fest, daß beim Sortieren von Papier bei Beleuchtung mit nackten Glühbirnen von 300 Watt mehr Fehler gemacht wurden als bei Tageslicht. Diese Glühbirnen beleuchteten zwar ausreichend stark, aber sie blendeten. Bei genauer Untersuchung fand sich, daß die Sortiergeschwindigkeit von 6 Arbeiterinnen bei Tageslicht im Mittel 26,8 Bögen je Minute betrug. Bei der starken aber blendenden künstlichen Beleuchtung lag sie bei nur 23,3 Bögen je Minute. Durch Verwendung blendungsfreier Leuchten mit 300 Watt - Glühlampen stieg die Sortiergeschwindigkeit auf 28,4 Bögen je Minute an. Es zeigte sich ein Leistungsanstieg von 21 % gegenüber der alten Beleuchtung und von 5 % gegenüber dem Tageslicht. Viel krasser noch waren aber die Unterschiede in der Zahl der Sortierfehler. Bei Tageslicht wurden beim Sortieren von 67 Ries Papier 6 Fehler festgestellt, bei der blendenden Beleuchtung bei 72 Ries Papier 41 Sortierfehler und bei der verbesserten, blendungsfreien, künstlichen Beleuchtung bei 80 Ries Papier 5 Sortierfehler.

SCHNEIDER (1938) gibt in mehreren Beispielen an, wie sich die Erhöhung der Beleuchtungsstärke bei grober, feiner und sehr feiner Arbeit auswirkte. Außerdem berichtet er in zwei Beispielen über die Wichtigkeit der Allgemeinbeleuchtung:

Das Pressen von Dachziegeln aus Lehm in einer handbetriebenen Presse gilt als grobe Arbeit. Durch Steigerung der Beleuchtung von 7 lx auf annähernd 200 lx konnte die Zahl der hergestellten Dachziegel um etwa 12 % gesteigert werden. Die alte Beleuchtung war nicht nur ungenügend, sondern es herrschte auch Blendung. Außerdem war kaum Allgemeinbeleuchtung vorhanden. (Abbildung 7)

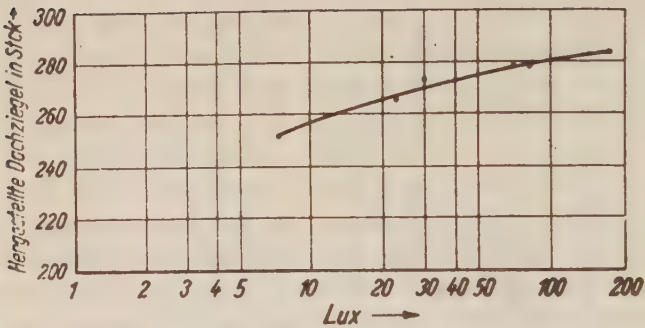


Abb. 7: Einfluß der Beleuchtungssteigerung auf die Herstellung von Dachziegeln (nach SCHNEIDER , 1938)

Als feine Arbeit kann man z.B. die Arbeit des Handsetzers betrachten. WESTON und TAYLOR zeigten im Jahre 1926 den starken Einfluß der Beleuchtung auf diese Arbeit. Durch die Erhöhung der Beleuchtungsstärke auf 300 lx und Einführung von Allgemeinbeleuchtung wurde nicht nur die Arbeitsgeschwindigkeit beträchtlich gesteigert, sondern auch die Güte der Arbeit, gemessen an der Zahl der Setzfehler, verbessert. Der Verlauf der Leistungskurve ließ noch eine Steigerung über 300 lx hinaus erwarten und damit eine Verbesserung der Tageslichtverhältnisse, was zeigt, daß die Tageslichtbeleuchtung nicht immer die optimalen Lichtverhältnisse schafft. Wie aus dem Verlauf der Kurven in Abbildung 8 ersichtlich kam es bei Erhöhung der Beleuchtungsstärke von 15 auf 300 lx zu einer Steigerung der Setzleistung von etwa 22 - 25 % und zur Abnahme der Setzfehler um 25 %.

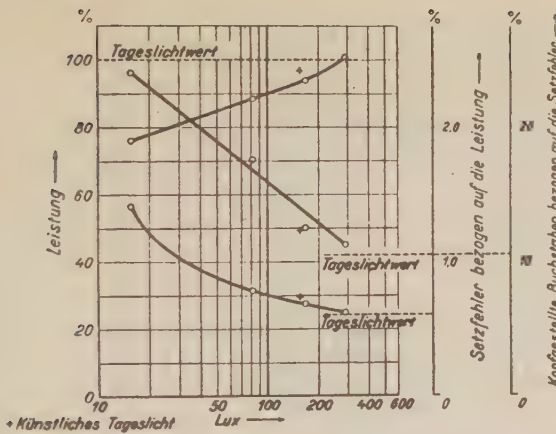


Abb. 8: Einfluß der Erhöhung der Beleuchtungsstärke auf die Zahl der Setzfehler von Handsetzern (nach WESTON und TAYLOR, 1926, aus SCHNEIDER, 1938)

Als sehr feine Arbeit werden im allgemeinen solche Arbeitsvorgänge zusammengefaßt, bei denen die dem Auge dargebotenen Kontraste klein sind, die zu beobachtenden Gegenstände eine geringe Ausdehnung besitzen oder die zu kontrollierenden Vorgänge schnell ablaufen.

Ein Beispiel für eine derartige feine Arbeit ist das Bespannen von Glühlampengestellen mit dem dünnen Wolframdraht. Die Erhöhung der Arbeitsplatzbeleuchtung von 75 auf 4000 lx führte zu einer Steigerung der Arbeitsleistung um durchschnittlich 10 %. Für die große Anhebung der Beleuchtungsstärke ist die Zunahme der Arbeitsleistung nicht gerade groß. Es muß berücksichtigt werden, daß die Arbeiterinnen durch jahrelange Übung schon eine große Handgeschicklichkeit besaßen. Die Versuchsergebnisse führten zu dem Schluß, daß hierbei dem Auge der geringere Teil der Mitarbeit zufiel. (Abbildung 9)

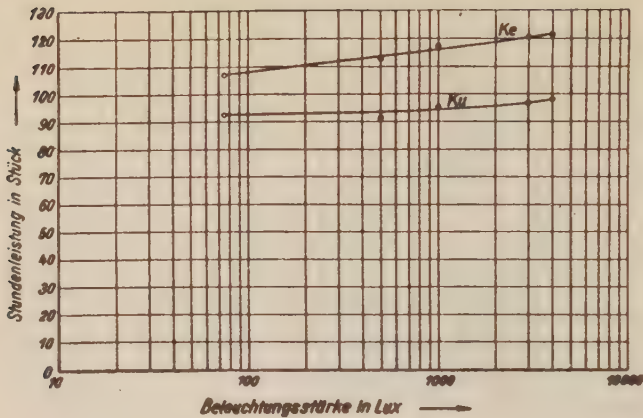


Abb. 9: Stundenleistung beim Bespannen von Glühlampengestellten nach Erhöhung der Beleuchtungsstärke (nach SCHNEIDER, 1938)

Anders ist es beim Ablesen von Skalen, also einer visuellen Leistung. Hier ist ein starker Einfluß durch die Beleuchtung zu erwarten. Der mittlere Fehler beim Ablesen eines Nonius auf weißer Skala im hellen Raum bei indirekter Beleuchtung ging bei einer Steigerung der Beleuchtungsstärke bis auf 100 lx und mehr deutlich zurück. Damit konnte eine Erhöhung der Ablesegenauigkeit festgestellt werden. (Abbildung 10, nach REITER, 1929)

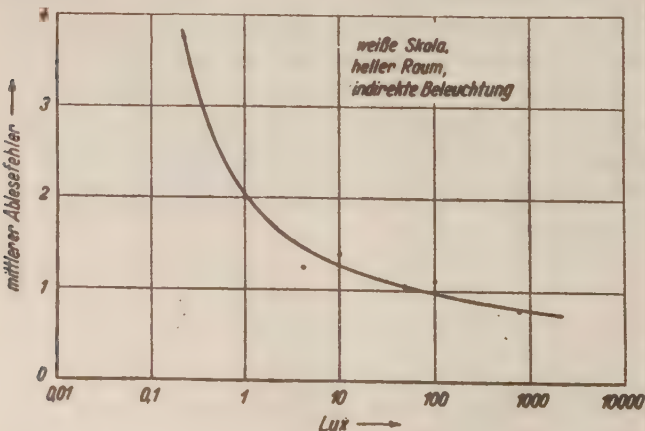


Abb. 10: Einfluß der Beleuchtungsstärke auf den mittleren Fehler beim Ablesen einer Skala

Wie bereits erwähnt ist die Allgemeinbeleuchtung außerordentlich wichtig. Neben der psychischen Wirkung - das heißt z.B. Steigerung der Arbeitsfreude - hat sie auch eine Verbesserung der physiologischen Sehbedingungen zur Folge. Die Sehfähigkeit des Auges ist nämlich größer, wenn die Leuchtdichte der Umgebung ebenso hoch ist wie die des zu erkennenden Gegenstandes. Die Bedeutung der Allgemeinbeleuchtung kann an zwei Beispielen von SCHÜME (1938) gut erklärt werden:

Eine große Werkhalle mit schweren Werkzeugmaschinen war mit einer Allgemeinbeleuchtung von 32 lx und einer Arbeitsplatzbeleuchtung an den einzelnen Maschinen von 100 bis 500 lx ausgerüstet. Durch Herabsetzung der Allgemeinbeleuchtung von 32 auf 1 lx und Beibehaltung der Arbeitsplatzbeleuchtung ging die Produktion dieser Werkhalle um 5,7 % zurück. Nur fünf Stunden lang war die künstliche Beleuchtung eingeschaltet. Da in der übrigen Zeit aber bei Tageslicht gearbeitet wurde, war zu erwarten, daß der Produktionsrückgang noch höher geworden wäre, wenn man die Arbeiten in der Nacht vollkommen bei künstlicher Beleuchtung durchgeführt hätte.

In einer anderen Werkstatt, in der Bohrmaschinen und Stanzen aufgestellt waren, zeigten die Versuche ein ähnliches Bild. Die Allgemeinbeleuchtung betrug hier etwa 45 lx, die Einzelplatzbeleuchtung etwa 100 - 300 lx. Es wurde ebenfalls wieder fünf Stunden bei künstlicher Beleuchtung und in der übrigen Zeit bei Tageslicht gearbeitet. Durch Herabsetzung der Allgemeinbeleuchtung auf 1 lx ging die Arbeitsleistung an den Stanzen um 7 % zurück, bei den Hochleistungsbohrmaschinen in dieser Werkstatt um 6,3 %.

BARAN (1952) berichtet über Rationalisierungsmaßnahmen im Werk B. I. M. Molotow. Dort veränderte man die Beleuchtung über den Perkaldruckmaschinen sowie die der Webstühle und Kontrolltische. Die ursprüngliche Beleuchtung aus zwei Glühlampen von je 150 Watt, die über der Arbeitsfläche aufgehängt waren, wurde durch eine Leuchte mit Spezialschirm ersetzt. Diese erhielt drei 30 Watt Leuchtstofflampen. Durch diese Veränderung erzielte man sowohl tageslichtähnliche Sichtverhältnisse als auch eine gute Zeichnungssicht. Dadurch erreichte man eine Verringerung des Ausschusses um

25 % bei gleichzeitiger Herabsetzung der für die Beleuchtung aufgewendeten Leistung von 300 auf 90 Watt. Die Fehlerkontrolltische waren vorher durch eine Leuchte in Form eines Tiefstrahlers mit einer 200 Watt Glühlampe beleuchtet. Nach Ersatz durch Leuchtstoffleuchten, die je nach Breite des zu überprüfenden Gewebes in einer Fassung je zwei oder drei Leuchtstofflampen zu 40 Watt enthielten, erreichte man eine Verringerung der Ausschußmenge und Einsparung von 120 Watt Leistung je Arbeitsplatz. Ähnliche Versuche an Webstühlen ergaben eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität um 5 % bei Anwendung der Leuchtstofflampenbeleuchtung.

BARAN weist in einer Tabelle anhand von sowjetischen Textilfabriken nach, daß nach Rationalisierung der Beleuchtung eine Steigerung der Arbeitsproduktivität von bis zu 25 % und eine Verkürzung der "Operationsdauer" um 0,7 bis 25 % erreicht wurden. (Tabelle 3)

Tabelle 3: Steigerung der Arbeitsproduktivität durch Rationalisierung der Beleuchtung in Textilbetrieben (nach BARAN, 1952)

| Name<br>des Betriebes               | Produktions-<br>einrichtung und<br>Tätigkeit | Er-<br>höhung d.<br>Arbeits-<br>produk-<br>tivität | Ver-<br>kürzung<br>der Ope-<br>rations-<br>dauer | Beleuchtungsstärke<br>in lx |                              |
|-------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                                     |                                              | %                                                  | %                                                | vor                         | nach<br>der Rationalisierung |
| Textilkombinat<br>„Stalin“          | Webererei, Garn-<br>knüpfen                  | 10                                                 | 10                                               | 8—30                        | 50—60                        |
| Kuchomer<br>Manufaktur              | Webererei, Garn-<br>knüpfen                  | 10—25                                              | 8                                                | 10—25                       | 40—60                        |
| Neu-Iwanower<br>Manufaktur          | Kämmaschinen                                 | 5                                                  | 4—5                                              | 50—1000                     | 500—800                      |
| Klein-Kuchomer<br>Fabrik            | Spinnerei, Garn-<br>knüpfen                  | 4—25                                               | 25                                               | 20—25                       | 40—45                        |
| „Rote Taika“ in<br>Iwanowo          | Spulmaschinen,<br>Garnknüpfen                | —                                                  | 2—4,3                                            | 20—40                       | 50—85                        |
| Taschkenter<br>Kombinat<br>„Stalin“ | Garnspinnerei,<br>Garnknüpfen                | —                                                  | 0,7—5,3                                          | 7—15                        | 150—300                      |

Von der STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT (1956) wurden viele Versuche gemacht, die beweisen sollten, daß durch Anhebung der Beleuchtungsstärke eine Leistungssteigerung erreicht werden konnte.

So mußten 15 Probanden bei drei verschiedenen Lichtarten (Glühlampe, Quecksilberhochdrucklampe mit Leuchtstoff und Quecksilberniederdruckleuchtstofflampe) und fünf verschiedenen Beleuchtungsstufen von 30 bis 2000 lx Holzperlen in fünf verschiedenen Farben auf einen Draht aufziehen. Für jede Beleuchtungsstufe und Lichtart wurde ein Arbeitstag angesetzt. Die Versuchszeit lag im Frühsommer, die Arbeitszeit dauerte von 7,00 bis 13,00 Uhr mit einer Pause von 9,00 bis 9,20 Uhr. Das Arbeitstempo war freiwillig. Als Leistungsmaße gab man an: 1. die Durchschnittsleistungen aller 15 Versuchspersonen für die drei Lichtarten und die fünf Beleuchtungsstufen als mittlere halbstündlich sortierte Perlenzahl, 2. die Durchschnittsleistungen in Prozenten, bezogen auf die zugehörigen Werte bei 30 lx.

Die obere Hörgrenze wurde als Maß der gleichzeitig mituntersuchten Veränderung der Ermüdung bei verschiedenen Beleuchtungsstärken gemessen.

Tabelle 4:

Ergebnisse entsprechend den oben angegebenen Leistungsmaßen

| Lichtart | Beleuchtungsstärke |       |       |       |       |        |
|----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
|          | 30                 | 100   | 300   | 1000  | 2000  | Lux    |
| GL       | 548                | 579   | 601   | 620   | 615   | Perlen |
|          | 100                | 105,7 | 109,7 | 113,1 | 112,2 | %      |
| HGL      | 595                | 609   | 626   | 632   | 647   | Perlen |
|          | 100                | 102,3 | 105,1 | 106,2 | 108,5 | %      |
| NL       | 574                | 600   | 624   | 637   | 640   | Perlen |
|          | 100                | 104,5 | 108,8 | 110,9 | 111,3 | %      |

Tabelle 5:

Leistungsmittel aus allen drei Lichtarten

| Beleuchtungsstärke | 30  | 100   | 300   | 1000  | 2000  | Lux    |
|--------------------|-----|-------|-------|-------|-------|--------|
| Absolutwert        | 572 | 596   | 617   | 630   | 634   | Perlen |
| Relativwert        | 100 | 104,2 | 107,9 | 110,1 | 110,8 | %      |
| Leistungszuwachs   | -   | 4,2   | 7,9   | 10,1  | 10,8  | %      |

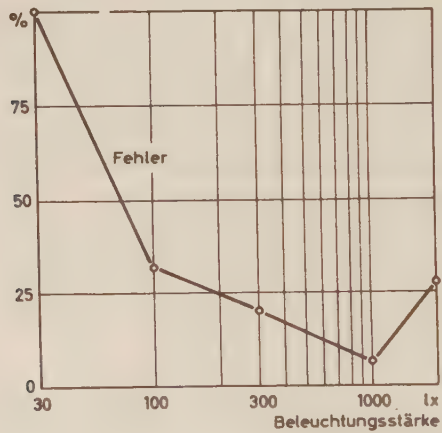


Abb. 11: Fehlerverlauf beim Aufziehen von Perlen in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke (nach STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT, 1956)

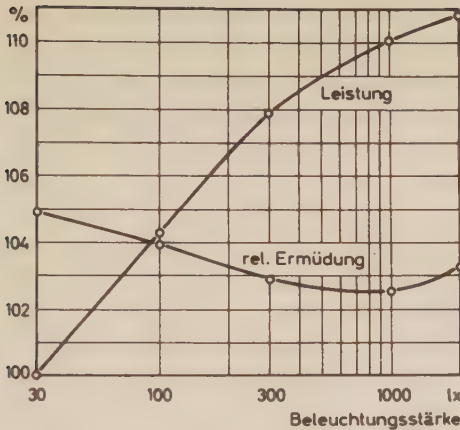


Abb. 12: Leistung und Ermüdung beim Aufziehen von Perlen in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke (nach STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT, 1956)

Wie die Tabellen 4 und 5 und die Abbildungen 11 und 12 zeigen, stieg die Leistung bei Erhöhung der Beleuchtungsstärke bis über 2000 lx an. Nur das Glühlampenlicht zeigte nach 1000 lx einen Leistungsabfall, der durch die zu hohe Aufheizung der Luft und zu hohe Wärmestrahlung in dem nur ungenügend zu belüftenden Versuchsraum bedingt sein könnte.

Das Leistungsmittel aus allen drei Lichtarten ergab eine Leistungssteigerung um 4,2 % bei 100 lx bis 10,8 % bei 2000 lx. Das Minimum der Ermüdung und der Fehler lag jeweils bei 1000 lx.

GRANDJEAN (1960) berichtet über Erfahrungen in der amerikanischen Schwerindustrie. Nach Erhöhung des allgemeinen Beleuchtungsniveaus in einer Montageabteilung auf 2000 lx ging die Unfallhäufigkeit um 32 % zurück. Dann wurden die Decken und Wände der Werkstätten mit hellen Farben versehen, was zur Reduktion der Kontraste und einer ausgeglicheneren Ausleuchtung führte. Nach dieser Maßnahme fiel die Unfallhäufigkeit um weitere 16,5 %.

In der gleichen Arbeit weist der Autor auf eine amerikanische Baumwollspinnerei hin. Dort kam es nach Erhöhung der Beleuchtungsstärke von 170 auf 340 lx zu einem Produk-

tionsanstieg um 4,6 %, wobei gleichzeitig die Ausschußware zurückging, so daß die entsprechenden Unkosten um 24,5 % gesenkt wurden. Die Betriebsleitung ließ daraufhin in zwei Etappen die Beleuchtungsstärke weiter bis auf 750 lx erhöhen. Das Ergebnis war eine Produktionserhöhung von insgesamt 10,5 % und eine Unkostensenkung durch Ausschußreduktion um nahezu 40 %.

LUCK und BODMANN (1961) ließen Versuchspersonen Zahlen auf Testtafeln bei unterschiedlichen Beleuchtungsstärken suchen. Dazu verwendeten sie schwarze Zahlen auf weißem und auf grauem Papier. Durch Erhöhung der Beleuchtungsstärke von 100 auf 1000 lx kam es zu einer Leistungssteigerung von 5 % (weißes Papier) bzw. 11 % (graues Papier). Bei der Aufgabe, die Zahlen auf dem grauen Papier zu suchen (schlechter Kontrast), stieg die Suchleistung bei der Steigerung der Beleuchtungsstärke von 1000 auf 10000 lx um 7 % weiter an, während bei dem Test mit dem weißen Papier (guter Kontrast) keine nennenswerte Leistungsverbesserung mehr eintrat. Die Versuchspersonen selbst wünschten für die leichtere Sehaufgabe (weißes Papier) 1000 lx, für die schwerere 2000 lx Beleuchtungsstärke.

Die von der STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT durch Experimente gewonnene Erkenntnis, daß eine Anhebung der Allgemeinbeleuchtung von 300 lx auf 800 bis 1200 lx eine spürbare Erhöhung der Arbeitsleistung zur Folge hat, haben praktische Betriebsversuche in der Industrie inzwischen bewiesen.

JACOB (1962) berichtet von der Dreherei und Montageabteilung einer Stuttgarter Firma. Dort stieg die Leistung um 9 % nach Anhebung der Allgemeinbeleuchtung um die bereits oben genannten Werte.

In einem Wiesbadener Kamerawerk wurde die alte Beleuchtungsanlage mit einer Beleuchtungsstärke von 370 lx durch frei strahlende Leuchtstofflampen ersetzt von einer Beleuchtungsanlage mit 1000 lx durch Leuchtbänder aus je drei frei strahlenden Leuchtstofflampenreihen. Der Versuch dauerte ein Jahr. Die dabei festgestellte Mehrleistung gegenüber dem Vorjahr bei alter Beleuchtung betrug 7,4 % (STENZEL, 1962).

STENZEL (1962) berichtet über einen Versuch in einer Offenbacher Feintäschnerei, die Damentaschen, Briefmappen und Geldbörsen herstellt. Als Versuchsabteilung wurde die Außenstanzerei gewählt, wo mit Hilfe von Formeisen aus den sogenannten Vliesen möglichst viele Außenleder herausgeschlagen werden sollen. Menge und Güte der Arbeitsstücke werden außer von der individuellen Fertigkeit des Arbeiters stark von der Beleuchtung beeinflusst. Bis zum Versuchsbeginn im Jahre 1959 wurde dem natürlichen Licht je nach Bedarf Kunstlicht aus "trogförmigen" Arbeitsplatzleuchten zugeschaltet. Diese Leuchten, die in der Regel mit zwei Leuchtstofflampen mit 40 Watt bestückt waren, erzeugten eine Beleuchtungsstärke von rund 350 lx an den Arbeitsplätzen. Im Sommer 1959 wurde diese Arbeitsplatzbeleuchtung durch eine Allgemeinbeleuchtung von 1000 lx ersetzt. Es wurde nun über zwei Jahre (von Juli/August 1959 bis Juni/Juli 1961) die Leistung von 12 Personen (6 Männer, 6 Frauen) verfolgt und verglichen mit den Leistungen derselben 12 Personen von Juli/August 1957 bis Juni/Juli 1959 bei der alten Arbeitsplatzbeleuchtung von 350 lx.

Die Arbeitenden brauchten nicht beobachtet zu werden, denn die Arbeitsleistung war der Lohnbuchhaltung bekannt, da Stücklohn gezahlt wurde.

Der Leistungszuwachs im ersten Jahr bei 1000 lx Beleuchtung betrug 4,7 % bezogen auf die mittlere Monatsleistung 1957/58 und 5,1 % bezogen auf die mittlere Monatsleistung 1958/59, im zweiten Versuchsjahr entsprechend 10 % bzw. 11,1 %. Der für die beiden Beobachtungsjahre ermittelte Leistungsanstieg bezogen auf den Mittelwert der beiden Vergleichsjahre, lag bei 7,6 %. (Abbildung 13)

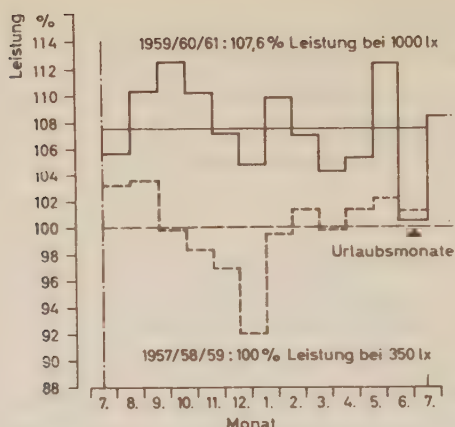


Abb. 13: Gegenüberstellung der mittleren Monatsleistungen als Mittelwerte aus den beiden Vergleichsjahren 1957/59 (gestrichelt) und aus den beiden Versuchsjahren 1959/61 (ausgezogen) (nach STENZEL, 1962)

Die Gewerbeförderungsstelle der Handwerkskammer Oldenburg führte im Zusammenhang mit der STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT mit Hilfe eines Testgerätes bei einer Gruppe von Elektromeistern exakte Messungen durch, um die Einflüsse einer erhöhten Beleuchtungsstärke auf die Arbeitsleistung festzustellen. Das Testgerät ließ durch verschiedene Schaltungen eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsfläche von etwa 250 auf 1250 lx zu. Die Arbeit bestand in der Verbindung einer Anzahl von Punkten, die auf einem Blatt verzeichnet und unregelmäßig durcheinander mit Nummern versehen waren. Es mußte die Verbindung der einzelnen Punkte in laufend richtiger Reihenfolge vorgenommen werden. Diese Arbeiten wurden bei verschiedenen Beleuchtungsstärken durchgeführt. Es zeigte sich, daß die Leistung der erreichten Punktzahl bei 1000 bis 1250 lx bis zu 20 % höher war als bei 250 lx. (SCHRÖDER, 1962)

Es sei noch ein Beispiel für Leistungssteigerung nach Erhöhung der Beleuchtungsstärke erwähnt, das nichts mit produktiver industrieller Arbeit zu tun hat. Es zeigt, wie wichtig eine gute Beleuchtung auch für geistige Arbeit z.B. in Büros, Labors und Schulräumen ist. Die STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT (1964) führt in ihrem Buch "Beleuchtung in der Arbeit"

Württembergische Landesanstalt für Erziehung und Unterricht, Abteilung für Jugendkunde, im Herbst 1964 durchführte. Dabei wurden mit 17 Schulklassen (467 Schülerinnen und Schüler) eine größere Anzahl von Arbeitstesten vorgenommen, um festzustellen, ob der Übergang von schattenhaften Glühlampenlicht (90 lx) auf blendungsfreies, schattenarmes, weißliches Leuchtstofflampenlicht (500 lx) einen günstigen Einfluß auf das Arbeitsergebnis der Schüler ausübte. Dabei war zu berücksichtigen, daß die Leistungen der Kinder von erheblichen pädagogischen sowie starken entwicklungs- und gruppenpsychologischen Faktoren mitbestimmt wurde. Diese fallen hier im Gegensatz zur gewerblichen Arbeit von Erwachsenen viel stärker ins Gewicht. Es konnten bei sechs von 23 Einzeltesten in eindeutig signifikanter Weise (mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von einem Prozent) Leistungssteigerungen bis zu 15,9 % durch Licht von höherer Beleuchtungsgüte nachgewiesen werden. Bei den übrigen 17 Einzeltesten ergaben sich teils positive, teils negative Befunde, die aber sämtlich statistisch nicht signifikant waren. Angesichts der oben erwähnten neben der Beleuchtung wirksamen Einflüsse kann das Ergebnis "insgesamt als positiv" bezeichnet werden. (Tabelle 6)

Tabelle 6: Mittlere Leistungssteigerungen von Schülern, gewonnen durch sechs Arbeitstests nach Verstärkung der Allgemeinbeleuchtung von 90 auf 500 lx. (nach STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT, 1964)

| Testart                                      | Altersstufe                 | Schülerzahl | erreichte mittlere Leistungssteigerung |
|----------------------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------------------|
| Gutes Merken                                 | Unterstufe<br>(9jährige)    | 187         | + 15,9%                                |
| Analogien bilden<br>(1st-Test nach Amthauer) | Oberstufe<br>(17—18jährige) | 115         | + 9,4%                                 |
| Pauli-Test<br>5. Teilzeit                    | Oberstufe<br>(17—18jährige) | 115         | + 5,3%                                 |
| Pauli-Test<br>10. Teilzeit                   | Oberstufe<br>(17—18jährige) | 115         | + 4,8%                                 |
| Figuren-Denktest<br>(nach Raven)             | Mittelstufe<br>(13jährige)  | 158         | + 4,3%                                 |
| Figuren-Denktest<br>(nach Raven)             | Oberstufe<br>(17—18jährige) | 116         | + 2,9%                                 |
| Insgesamt<br>6 signifikante Tests            | alle 3 Altersstufen         | 806         | + 7,7%<br>(gewogenes Mittel)           |

## 5. Farbgestaltung am Arbeitsplatz

STENZEL (1953) unterscheidet "Farbe" nach zweierlei Gesichtspunkten: "Farbe als Reiz" und "Farbe als Empfindung".

"Farbe als Reiz ist bekanntlich in das Auge gelangende elektromagnetische Strahlungsenergie einer bestimmten Wellenlänge (monochromatisches Licht) oder einer bestimmten Wellenlängenanhäufung (polychromatisches Licht) des Spektralbereichs von etwa 400 bis 750 nm. Dabei ist es gleichgültig, ob die Strahlung von einer Lichtquelle - einem Erstleuchter - oder von einem beleuchteten Körper - einem Zweitleuchter - ausgeht.

Farbe als Empfindung ist außer durch den physikalischen Reiz auch bedingt durch physiologische und psychologische Gesetzmäßigkeiten, wie z.B. die Farbanpassung, die Farbinduktion, die Transformation der Farben (Simultankontrast), die Farbstreuung, das Farbgedächtnis u.a., die zum Teil noch keine befriedigende Erklärung gefunden haben."

Der Mensch kontrolliert 80 % seiner Handlungen mit dem Sehapparat (SCHMIDTKO, 1956). Daran wird deutlich, welche Bedeutung den Farben der Sehobjekte zukommt. Solche sind im Sinne dieser Untersuchung: Arbeitsplatz, Maschinenteile, Werkstücke, Kontrollvorrichtungen und dergleichen.

Folgende Ziele können mit einer möglichst farbgerechten Arbeitsplatzgestaltung angestrebt werden:

1. Leistungs- und Gütesteigerung durch Verminderung der Augenermüdung und durch Erhöhung der Arbeitsfreude;
2. Verminderung des Ausschusses und der Unfälle;
3. Herabminderung der Verschleiß- und Wartungskosten durch bessere Pflege der Betriebsmittel;
4. Bessere Ausnutzung der Beleuchtung durch Farben mit hohem Reflektionsfaktor;
5. Geringere Fehl- und Verlustzeiten durch Krankheit und vorübergehende Abwesenheit vom Arbeitsplatz;
6. Verdienststeigerung bei den Arbeitenden. (BAIERL, 1952).

Es erscheint bemerkenswert, daß sich die Anwendung von optimalen Farb- und Beleuchtungsmöglichkeiten - beide gehören eng zusammen - bisher nur zögernd in der Industrie durchsetzte.

Das wird daran deutlich, daß die verfügbaren Untersuchungen nur etwa aus den letzten 15 Jahren stammen. Ein Grund dafür ist der, daß es sehr schwierig ist, bei Leistungsbeobachtungen unter verschiedener Farbgebung herauszufinden, wie hoch der wirklich der Farbe zukommende Anteil am gemessenen Leistungsergebnis ist.

Die nachfolgend referierten Untersuchungen zeigen die möglichen Leistungssteigerungen durch verbesserte Farbgestaltung.

BAIERL (1951) gibt in einer Arbeit Ergebnisse aus amerikanischen Firmen an, die das "Farbdynamik - Abschirm - Verfahren" einführten. "Unter dem Farbdynamik - Abschirm - Verfahren ist die feste oder abnehmbare Abdeckung von beweglichen oder rotierenden bzw. polierten und spiegelnden Maschinenteilen, die einer Oberflächenbehandlung zur Unterdrückung der Reflexblendung nicht zugänglich sind bzw. die wünschenswerte Ruhe im Gesichtsfeld stören, durch mattgefärbte Blenden, Klappen oder Verschaltungen zu verstehen." STENZEL, 1953)

Eine New Yorker Firma berichtete über eine Produktionssteigerung von 15%, ein Absinken des Ausschusses um 40 % und eine Verminderung der Fehlzeiten um 6 %.

Eine andere Firma konnte nach Einführung des Farbdynamik - Abschirm - Verfahrens ein Absinken der Arbeitsunfälle um 20 % feststellen.

Der Verfasser berichtet außerdem von Unfallverminderung, die durch eine amerikanische Statistik bestätigt wird. Diese gibt an, daß nach Einführung von Sicherheitsfarbtafeln ein allgemeiner Rückgang der Unfallzahlen von 13,25 auf 6,99 für eine Million Arbeitsstunden zu verzeichnen war.

Zur Sicherheitsfarbtafel bringt der Autor noch ein zweites Beispiel. Im New York City Transit System mit einer Belegschaft von 38000 Beschäftigten konnte innerhalb von 18 Monaten nach Einführung der Sicherheitsfarbtafeln eine Senkung der Unfallzahlen um 42,3 % erzielt werden. Das brachte der Firma ein halbe Million Dollar Jahresersparnis ein.

Eine Untersuchung von BAIERL (1952) erstreckte sich auf verschiedene Arbeitsgänge in einer deutschen Lederhandschuhfabrik, die beim Steppen von Lederhandschuhen vorkommen und bei denen eine genaue Vergleichsgrundlage vorhanden war. Diese Arbeiten haben eine hohe visuelle Dauerbeanspruchung. Die Untersuchung bezog sich auf die Leistungen von sechs Arbeiterinnen, die durchschnittlich zwei Jahre mit diesen Arbeiten im Leistungslohn beschäftigt waren.

Die farblichen Rationalisierungsmaßnahmen wurden stufenweise innerhalb von vier Monaten durchgeführt. Vor der lichttechnischen und farblichen Arbeitsplatzgestaltung betrug die Durchschnittsleistung 3,96 Einheiten je Stunde. Nach der Anwendung des Farbdynamik - Abschirm - Verfahrens allein an den Maschinen stieg die Durchschnittsleistung auf 4,65 Einheiten je Stunde, was einer Leistungssteigerung von 17,5 % entsprach.

Anschließend wurden die Arbeitsräume und Arbeitsplätze zweckmäßig farblich aufeinander abgestimmt unter besonderer Berücksichtigung der Helligkeits- und Farbkontraste zwischen Sehaufgabe und Arbeitsumfeld. Nach dieser Veränderung der Arbeitsräume und -plätze erhöhte sich die Durchschnittsleistung auf 4,98 Einheiten je Stunde, d.h., die Leistungssteigerung betrug insgesamt 25,5 %. Ansonsten wurde noch eine Gütesteigerung festgestellt.

Nach optimaler Farbgestaltung wurde ein mechanischer Betrieb mit etwa 80 bis 100 Beschäftigten, zumeist Frauen, sechs Monate lang beobachtet. Neben der Zunahme der Pflege von Maschinen, Arbeitsplatz, der Kleidung und des eigenen Körpers ergab sich ein Rückgang der Fehlschichten. Als rechnerische Mehrleistung wurden bei allgemein erfüllten Akkordsätzen 15 % genannt. (GÜRS DORF, 1953)

WILSON (1954) berichtet über eine Befragung von 350 amerikanischen Firmen, die in mehr oder weniger großem Umfang und mit ganz bestimmter Zielsetzung Farbe zur Ausgestaltung des Betriebes verwandt hatten. Es ergaben sich folgende Ergebnisse: 64,7 % der Firmen stellten eine Lichtverbesserung durch die Farbe fest, 27,9 % berichteten über einen Produktionsanstieg. 30,9 % bemerkten einen Qualitätsanstieg der gefertigten Güter, 99,1 % hoben die Verminderung der Augenanstrengung und Ermüdung hervor, und 14,7 % schrieben vermindertes Fernbleiben von der Arbeit der Farbe zu.

Wie sich aus der Zahl der Unfälle ermaßen läßt, hat die Farbe von Räumen oder Maschinenteilen auch Auswirkung auf die Betriebssicherheit. Ein von WILSON (1954) entwickelter Code für Warnfarben war während des zweiten Weltkrieges weithin in Gebrauch. Die United States Army Service Forces

berichteten über eine Senkung der Unfallhäufigkeit von 46,14 auf 5,58. In einem Quaritermeisterdepot gingen bei Benutzung des gleichen Codes die Verletzungen von 13,25 auf 6,99 zurück.

SCHMIDTKE (1956) spricht von einer Abteilung, und zwar der Putzerei im VEB Spinnerei und Weberei Ebersbach, die im Jahre 1955 nach den neuesten Erkenntnissen der Farbgebung ausgestaltet wurde. So bekamen die Maschinen eine lindgrüne Farbe, die Wände ein pastellfarbenes Graugrün und einen Chamoissockel aus abwaschbarer Dispersionsfarbe und die Decke einen Sonnenorange - Farbton. Alle Betriebsangehörigen fanden die Farbgestaltung "harmonisch und schön". von 21 Befragten erklärte nur einer, daß er keinen Unterschied zwischen jetzt und früher erkennen konnte. Fast alle gaben an, daß eine Überanstrengung der Augen nicht mehr aufträte. In der Abteilung haben sich nach der Farbgestaltung keine Unfälle mehr ereignet, was aber auch auf einen gleichzeitig mit den Farbveränderungen eingebauten neuen Maschinenpark mit einwandfreien Arbeitsschutzvorrichtungen zurückgeführt werden könnte. Aus demselben Grund konnten keine genauen Vergleiche über die Steigerung der Arbeitsproduktivität gezogen werden.

Die Farbe hängt mit der Beleuchtung eng zusammen. So ist sie z.B. wichtig zur Vermeidung von Blendung. Die Auswirkung der Reduktion großer Flächenhelligkeitskontraste zeigt das folgende Beispiel von GRANDJEAN (1960):

Arbeiterinnen mußten mit mechanischen Zangen Nadeln für eine Strumpfwirkmaschine in eine bestimmte Nadelform richten, die mit einerpunktierten Linie auf einer weißen Projektionsfläche vorgezeichnet war. Ein gerichteter Lichtstrom erzeugte einen Schatten, der in die vorgezeichnete Nadelform zu bringen war. Die weiße Projektionsfläche in der Tiefe eines schwarzen Kastens, der im Arbeitstisch eingebaut war, die Bodenfarbe und die hellen Fenster, verursachten im Gesichtsfeld der Arbeiterinnen Flächenhelligkeitskontraste bestimmter Verhältnisse. Setzte man durch Abschirmung des Fensters mit einem Vorhang oder Aufhellung des schwarzen Kastens durch einen grünen Anstrich die Flächenhelligkeitskontraste im Arbeitsgesichtsfeld herab, be-

wirkte man mit dieser optischen Arbeitsplatzgestaltung eine signifikante Erhöhung der stündlichen Produktionsleistung und eine deutliche Erniedrigung der täglichen Ermüdung (gemessen am Verhalten der subjektiven Verschmelzungsfrequenzen). (Abbildung 14)

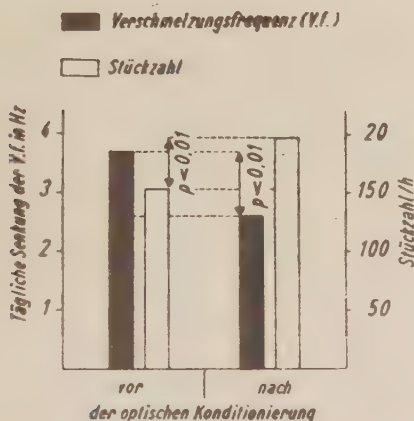


Abb. 14: Wirkung der Herabsetzung der Flächenkontraste auf Ermüdung und Produktion von Nadelrichterinne. Als Maß der Ermüdung diente die durchschnittliche tägliche Senkung der subjektiven Verschmelzungsfrequenz in Hz (Ordinate). Die Säulen entsprechen den Durchschnittswerten, die während 11 Wochen vor und 4 Wochen nach der optischen Konditionierung der Arbeitsplätze erhoben wurden. (nach GRANDJEAN, BLOCH, EGLI und GFELLER, 1955, aus GRANDJEAN, 1960)

Drei amerikanische Firmen, die Blech verarbeiten, konnten allein mit der Wirkung von Temperatureffekten und Farbanstrichen durch planvolle Farbdynamik eine Mehrleistung von je 15, 18 und 21 % erreichen. Die Ergebnisse einer deutschen Firma zeigten eine Produktionssteigerung von 6 - 7 %. (HOHMANN, 1961)

Der Abfüll- und Verpackungsraum einer Süßwarenfabrik wurde unter methodischer Anwendung farbenpsychologischer Erfahrungen gestaltet. In diesem Raum waren etwa 100 Frauen mit leichter bis mittelschwerer Arbeit beschäftigt. Nach der farblichen Umgestaltung (Harmonisierung zwischen Arbeits-

raum, Maschinen und Verpackungsmaterial) zeigten die Krankheits- und Leistungsstatistiken gegenüber denen vor der Umgestaltung 12 % weniger Ausfälle durch Erkrankung und Unfälle. Der Ausschuss durch mangelhafte Abfüllung und schlechte Verpackung sank um 3 %. (GÖRSDORF, 1961)

## D. Besprechung der Ergebnisse

Die folgende Auswertung der zu allen Umweltfaktoren genannten Arbeiten wurde nach den einleitend gesetzten Maßstäben vorgenommen. Die Tabelle 7 gibt noch einmal die Ergebnisse in kürzester Form wieder:

Tabelle 7:

Beispiele für Leistungssteigerungen, aufgeführt nach ihrer Häufigkeit in der referierten Literatur.

|                                                            | KLIMA | LÄRM | STAUB | BELEUCHTUNG | FARBEN |
|------------------------------------------------------------|-------|------|-------|-------------|--------|
| Niedrigerer Krankenstand                                   |       | 6x   |       |             | 2x     |
| Sinkende Ziffern von Berufskrankheiten und Arbeitsunfällen | 1x    | 1x   |       | 1x          | 4x     |
| Höhere Produktion <sup>x)</sup>                            | 9x    | 12x  | 1x    | 17x         | 7x     |
| Niedrigerer Ausschuß                                       | 1x    | 7x   | 1x    | 5x          | 2x     |
| Verringerung des Arbeitsplatzwechsels                      |       | 3x   |       |             |        |

x) Unter dem Kriterium "Höhere Produktion" wurden auch Ergebnisse wie "Zunahme der Geschicklichkeit" und "Allgemeine Leistungssteigerung" aufgeführt.

Auf die Aufzeichnung von Absolutwerten z.B. in Prozent wurde in Tabelle 7 bewußt verzichtet, da derartige Angaben von den Autoren nicht in allen Fällen gemacht worden waren. Die beiden Zahlenübersichten von ZORN (1961) und KOLLMEIER (1967) des Faktors Staub wurden in diese Tabelle nicht aufgenommen, da sie sich in keines der Kriterien einordnen ließen.

Es wäre falsch, wollte man meinen, daß in jeder Kategorie die angeführten Zahlen allein auf die jeweils verbesserten Umweltbedingungen zurückzuführen seien. In der Praxis und im Experiment ist es schwer möglich, Faktoren wie Leistungswillen, Betriebsklima oder soziologischen Status der beobachteten Arbeitskräfte immer konstant zu halten. In einzelnen Versuchen wurde erwähnt, daß eine gleichzeitige Lohn-erhöhung die Leistungssteigerung mit herbei geführt haben

könnte. Außerdem ist bekannt, daß der arbeitende Mensch im Alltag kaum bis an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit geht, wie es ein Proband im allgemeinen im Experiment tut. Das bedeutet, daß die Ergebnisse von Versuchen und praktischer Beobachtung nicht immer gleichzusetzen sind.

Die angeführten Beobachtungen zeigen, daß sich bei richtiger Anwendung der im wissenschaftlichen Experiment oder empirisch gefundenen Ergebnisse auf den Arbeitsplatz Leistungssteigerungen erzielen lassen. Es wird daher nötig sein, störende Einflüsse der Umweltfaktoren weiter zu verringern. Das trifft am wenigsten für die Beleuchtung zu, da hier schon vielfach und ohne große Schwierigkeiten Abhilfe geschaffen werden konnte. Nicht ganz so zahlreich sind die Erfolge, Klima, Farbe und Lärm am Arbeitsplatz möglichst günstig zu gestalten bzw. zu vermindern. Am ungünstigsten im Hinblick auf das Thema dieser Arbeit sind die Ergebnisse für den Faktor Staub. Es gelang bisher kaum, eine Beziehung zwischen Staubverminderung und Steigerung der Arbeitsleistung herzustellen.

Es sei daran erinnert, daß die Arbeitsleistung nicht nur von den hier genannten Umweltbedingungen beeinflusst wird, sondern auch von anderen Faktoren, wie Arbeitszeit, Körperhaltung, Ernährung usw. Auch diese müssen optimal gestaltet werden, um damit über verbesserte Arbeitsbedingungen die Arbeitsleistung anheben zu können.

## E. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden zu der Frage "Sind Leistungssteigerungen durch Änderungen der Umweltbedingungen am Arbeitsplatz bekannt?" insgesamt 56 Beobachtungen und Untersuchungen aus dem Zeitraum von 1919 bis zur Gegenwart zusammengestellt.

Als Umweltbedingungen galten: Klima, Lärm, Staub, Beleuchtung und Farben. Andere Faktoren, wie z.B. Ernährung, Arbeitszeit usw. wurden hier nicht berücksichtigt. Zu jedem Belastungsfaktor wurden einleitend Begriff, Definition und Meßgröße erläutert. Anschließend wurden die in der Literatur niedergelegten empirischen Resultate und experimentellen Ergebnisse referiert.

Gemessen wurde die Leistungssteigerung anhand von:

- a) Niedrigerem Krankenstand;
- b) Sinkenden Ziffern von Berufskrankheiten und Arbeitsunfällen;
- c) Höherer Produktion;
- d) Niedrigerem Ausschuß bzw. sinkender Fehlerzahl;
- e) Verringerung des Arbeitsplatzwechsels.

Es konnte gezeigt werden, daß mit dem Bemühen, die genannten Umwelteinflüsse für den arbeitenden Menschen möglichst günstig zu gestalten, deutliche Leistungssteigerungen einhergingen. Die meisten Beispiele dafür fanden sich bei dem Faktor Beleuchtung. Für Klima, Lärm und Farben konnten nicht ganz so viele günstige Ergebnisse ermittelt werden. Über eine direkte Leistungssteigerung nach Verringerung des Staubes am Arbeitsplatz wurde in der Literatur wenig gefunden.

Die referierten Beispiele unterstreichen die Wichtigkeit aller Bemühungen, Arbeitsplatz und Arbeitsbedingungen technisch und medizinisch optimal zu gestalten.

F. Literaturverzeichnis

BAIERL, F.

Die Farbe als Rationalisierungsmittel, Werkstatt und Betrieb, Heft 5, 195 - 199 (1951)

BAIERL, F.

Licht und Farbe als Mittel zur Leistungssteigerung, Industrielle Organisation Nr. 1 (1952)

BARAN, I.

Sowjetische Erfahrungen auf dem Gebiet der neuzeitlichen Beleuchtung in den Betrieben, Elektrotechnik, 6. Jhg., 7 (1952)

BRUCKMAYER, F.

in "Kurze Mitteilungen", Sichere Arbeit, 4 (1953)

EICH, J.

Studie zur Wirtschaftlichkeit eines werksärztlichen Dienstes, Sonderdruck aus Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Arbeitshygiene, 2. Jhg., 11, 389 - 412, (1967)

GÖRSDORF, K.

Mensch und Arbeit, 5, 35 - 36 (1953)

GÖRSDORF, K.

Neue Erfahrungen bei der farblichen Umweltgestaltung in Betriebsräumen, Zentralblatt für Industriebau, 3, 119 - 123 (196

GOLDSTERN und PUTNOKY

Die wirtschaftliche Beleuchtung von Webstühlen, neue arbeitstechnische Untersuchungen, Licht und Lampe, 5 und 25, (1931)

GRANDJEAN, E.

Umwelteinflüsse am Arbeitsplatz, Sonderdruck aus "Industrielle Organisation", 11, (1957)

GRANDJEAN, E.

Objektive und subjektive Lärmwirkungen, Arbeit und Leistung, 17. Jhg., 7, 93 - 112 (1963)

GRANDJEAN, E.

Arbeitsphysiologische Untersuchungen mit verschiedenen Beleuchtungssystemen an einer Feinarbeit, Sonderdruck aus "Industrielle Organisation", 8, (1959)

GRANDJEAN, E.

Die Physiologie der Lichtgebung, Sonderdruck aus "Industrielle Organisation", 1, (1960)

von HALLE - TISCHENDORF, F.

Medizinische Leitsätze zur Lärmbekämpfung, 13, Deutscher Medizinischer Informationsdienst e.V., Bad Godesberg, (1966)

HESS, H.

Bahnärztliche Untersuchungen über Lärmschutz, Ärztlicher Dienst der Deutschen Bundesbahn, 17, 146 (1956)

HÖGGER, D.

Industrielle Arbeit bei großer Hitze, Verlag des Schweizerischen Handelsblattes Bern (1947)

HOHMANN, E.

Produktivitätssteigerungen in der blech- und kaltbandverarbeitenden Industrie durch Farb- und Lichtdynamik, Blech, Fachzeitschrift für die gesamte Blechverarbeitung, 7, 542 - 543 (1961)

JACOB, E.

Die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen hoher Beleuchtungsgüte, Mitteilung aus der Studiengemeinschaft Licht e.V., Lichttechnik, 14. Jhg., 1, (1962)

JANSEN, G.

Lärm im Betrieb, RKW - Reihe Arbeitsphysiologie - Arbeitspsychologie, Beuth Vertrieb GmbH, Berlin - Köln - Frankfurt, (1963)

JANSEN, G.

Bewertung und Bekämpfung von Lärm am Arbeitsplatz, Sonderdruck aus "Arbeitswissenschaft", 3. Jhg., 2 (1964)

KARRASCH, K.

Lärmeinwirkung führt zu vermehrter Fehlerzahl im Tremometerstest, Zentralblatt für Arbeitswissenschaft, 6. Jhg., 177 - 192 (1952)

KOLBENSTVEDT, N.

Blendungsvermeidung erhöht die Sortiergeschwindigkeit in einer Papierfabrik, Das Licht, 1. Jhg., 15. Febr. (1931)

KOLLMEIER, H.

Sterbealter und Lebenserwartung bei Siliko-Tuberkulose, Referat gehalten auf der "Gemeinsamen wissenschaftlichen Tagung" in Erlangen vom 26. bis 29. April 1967, Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund, Rheinlanddamm 201

LAIRD, D.A.

The influence of noise on production and fatigue as related to pitch, sensation level and steadiness of the noise, J. Appl. Psychol. 17, 320 - 330 (1933)

LEHMANN, G.

Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Urban Schwarzenberg, Berlin - München - Wien, 1. Band, 321 (1961)

MACKWORTH, N.H.

Effects of heat on wireless operators, Brit. J. Industr. Med., 3, 143 - 149 (1946)

MUCK, E. und H. BODMANN

Die Bedeutung des Beleuchtungsniveaus bei praktischer Sehtätigkeit, Lichttechnik 13, 502 - 507 (1961)

MÜLLER, L.A.

Klima im Arbeitsraum, RKW - Reihe, Arbeitsphysiologie - Arbeitspsychologie, Beuth Vertrieb GmbH Berlin - Köln - Frankfurt (1953)

MÜLLER, L.A.

Über den Einfluß von Wärmebestrahlung der Hand bei verschiedener Zimmertemperatur, Arbeitsphysiologie, Band 15, 273 - 276 (1954)

OSBORNE, E.E., H.M. VERNON and B. MUSCIO

Two contributions to the study of accident causation, Rep. Industr. Fatigue, Res. Bd., London, Nr. 19 (1922)

REUSCH

Die praktische Bekämpfung der Pneumokoniose im Bergbau, Referat gehalten auf der "Studententagung über die Pneumokoniose" veranstaltet von der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl in Brüssel am 16. und 17.11.1961 in Staub 22, 2, 57 - 59 (1962)

RICHTER, K.H.

Ergebnisse bekleidungshygienischer Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung des Hitzearbeiters, Inauguraldisser-tation 1962, Mathematisch - Naturwissenschaftliche Fakultät der Martin Luther Universität Halle - Wittenberg

RUDOLF, W.

Lärmbekämpfung ist Prophylaxe und Therapie, Medizinische Klinik, 56, II, 1972, Nr. 46 (1961)

SCHMIDTKE, A.

Der Einfluß der Farbgestaltung auf unsere Werktätigen, Arbeit und Sozialfürsorge, Ostberlin, 21 (1956)

SCHNEIDER, L.

Förderung der menschlichen Arbeitsleistung durch richtige Beleuchtung, Das Licht, 8, 286 (1938)

SCHOBER, H.

Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Urban Schwarzenberg, Berlin - München, - Wien, IV. Bd.: Arbeitshygiene, 1. Teilband, 464 und 474 (1963)

SCHOLZ, H.

Verbesserung der Beleuchtung als Mittel der Arbeitserleichterung und der Produktionssteigerung, Sonderdruck aus Zentralblatt für Arbeitswissenschaft 6, (1960)

SCHOLZ, H.

Raumklima, Lärm und Licht am Arbeitsplatz, Die Arbeitskammer, 1, 14 - 18, Januar (1967)

SCHRÖDER, K.

Lärm und Arbeitsleistung, Das deutsche Gesundheitswesen, 12 Heft 41 1309 (1957)

SCHRÖDER

Erhöhte Beleuchtungsgüte steigert die Leistung, Nordwest-deutsches Handwerk, 1, (1962)

SCHULTE, K.

Fortschritte in der Staub- und Silikosebekämpfung im Steinkohlebergbau, Stand der betrieblichen Maßnahmen, Fortschritte der Staublungenforschung, Niederrheinische Druckerei GmbH Dinslaken, 481 (1963)

SCHWARZ, H.G.

Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Urban Schwarzenberg, Berlin - München - Wien, IV. Band: Arbeitshygiene, 2. Teilband, 450 (1963)

STENZEL, A.G.

Erfahrungen mit 1000 lx in einem Kamerawerk, Lichttechnik 14, 7, 351 (1962)

STENZEL, A.G.

Erfahrungen mit 1000 lx in einer Lederwarenfabrik, Sonderdruck aus "Lichttechnik" 14. Jhg. 1, 16 - 18 (1962)

STENZEL, A.G.

Einfluß von Licht, Lichtfarbe und Raumfarbe auf den arbeitenden Menschen, Sonderdruck aus "Lichttechnik" Heft 5, 149 - 151 (1953) und Heft 6, 190 (1953)

STUDER, P.

Die Bedeutung der Klimatisierung für Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit, Österreichische Ingenieurzeitung, Wien, 3. Jhg., 2 (1960)

STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT

Untersuchungen über Leistung und Ermüdung des Menschen bei verschiedenen Lichtbedingungen, Sonderdruck aus "Lichttechnik" 8, Heft 7, 296 - 300 (1956)

STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT

Mitteilung Nr. 12, Ergebnis der Studien zur Beleuchtung von Unterrichtsräumen

STUDIENGEMEINSCHAFT LICHT

Mitteilung Nr. 1, November (1964), Fensterlicht und Lampenlicht im Geschoßbau, Vergleich hinsichtlich Güte und Wirtschaftlichkeit

SYMANSKI, H.

Die Gesundheitsgefährdung durch Lärm und ihre Bekämpfung, Zeitschrift für ärztliche Fortbildung, 23, 1477 - 1489 (1959)

TRENSE, E.

Lärmbekämpfung im Büro, Kampf dem Lärm, 12. Jhg., 1, 4 - 5 (1965)

ULMER, W.T.

Staubbelastung und Lungenfunktion, Sonderdruck aus "Fortschritte der Staublungenforschung", 275 - 290, Niederrheinische Druckerei GmbH Dinslaken (1963)

VALENTIN, H., G. LEHNERT und H.-J. WOITOWITZ  
Über den Aufbrauch im Erwerbsleben und die Bedeutung der  
Funktionsprüfungen von Herz, Kreislauf und Lungen, Sonder-  
druck aus "Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Arbeitshygiene",  
2. Jhr., 3, 81 - 85 (1967)

VERNON, H.M.  
The influence of hours of work and of ventilation on out-  
put in timeplate manufacture, Rep. Industr. Fatigue, Res.  
Bd., London, Nr. 1 (1919)

WACLAWICZ, H.  
Neuartige Entstaubungsanlagen für bewegliche Staubquellen,  
dargestellt am Beispiel einer Zergelschleiferei, Sichere  
Arbeit, Jhg. 14, 4 (1961)

WALLA, W.  
Veränderungen am Arbeitsplatz in der Kokillengießerei,  
Arbeitswissenschaft 1 (1966)

WENZEL, H.G.  
Die Einwirkung des Klimas auf den arbeitenden Menschen,  
Heizung, Lüftung, Haustechnik, Band 13, Nr. 11, 349 - 357,  
(1962)

WESTON and ADAMS  
The performance of weavers under varying conditions of  
noise, Rep. Industr. Health Research Board, London, 70,  
1 - 24 (1935)

WILSON, R.F.  
Farbe und Licht im Betrieb, Husterschmidt Verlag Göttingen  
(1954)

ZORN  
Die Pneumokoniose im Bergbau, Referat, gehalten auf der  
"Studententagung über die Pneumokoniose" veranstaltet von der  
Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl in Brüssel  
am 16. und 17.11.1961, in Staub 22, 2, 57 - 59 (1962)

Für die freundliche Überlassung des Themas  
sowie für seine wertvollen Hinweise bei der  
Ausführung der Arbeit möchte ich Herrn Pro-  
fessor Dr. med. H. Valentin herzlich danken.

### Lebenslauf

Am 7. November 1945 wurde ich, Annelie Dunkel, als Tochter des Zahnarztes Dr. Wilhelm Dunkel und seiner Ehefrau Anneliese, geb. Rödel in Magdeburg geboren.

Anfang 1944 zogen wir nach Altena in Westfalen, wo ich nach dreijähriger Volksschulzeit von Ostern 1953 ab das Neusprachliche Mädchengymnasium besuchte. Dort legte ich am 7. März 1962 die Reifeprüfung ab und begann mein Medizinstudium im Sommersemester 1962 an der Universität Erlangen-Nürnberg.

Nach bestandener ärztlicher Vorprüfung im August 1964 setzte ich mein klinisches Studium für je ein Semester an den Universitäten Marburg und Münster fort. Vom Wintersemester 1965/66 ab studierte ich wieder an der Universität Erlangen-Nürnberg, wo ich nach elfsemestrigem Studium am 25. Januar 1968 das medizinische Staatsexamen bestand.

Erlangen, den 22. März 1968

*Annelie Dunkel*





**BUCH- UND FOTODRUCK  
LUDWIG MÖLLER  
ERLANGEN · FAHRSTR. 5**